РАССКАЗЫ
О
СОВЕТСКОЙ
НАУКЕ

С. Д. КЛЕМЕНТЬЕВ

ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП

ДЕТГИЗ 1949

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

Для среднего и старшего возраста.

- С. Д. Клементьев
  -
  - ВОЛШЕБНЫЕ СТЕКЛА
  - РАЗГАДКА ВОЛШЕБНОГО СТЕКЛА
  - ПЕРВЫЕ НАХОДКИ
  - НОВАЯ ТАЙНА НЕВИДИМОГО МИРА
  - ОТКРЫТИЕ РУССКОГО УЧЕНОГО
  - В ПОГОНЕ ЗА НЕВИДИМКАМИ
  - СЕКРЕТ ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА
  - ВОЛНЫ-ГИГАНТЫ ВОЛНЫ-КАРЛИКИ
  - ЭЛЕКТРОННЫЕ ВОЛНЫ
  - ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП
  - ЭЛЕКТРОННАЯ ПУШКА
  - ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЛИНЗЫ
  - КАК СОЗДАВАЛСЯ СОВЕТСКИЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП
  - КАК УСТРОЕН СОВЕТСКИЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП
  - ГДЕ МОЖНО ПРИМЕНЯТЬ ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП
  - ПОМОЩНИК «ОХОТНИКОВ ЗА МИКРОБАМИ»
  - ТАЙНА БРОНИРОВАННОГО ЧУДОВИЩА
  - ПОЖИРАТЕЛИ МИКРОБОВ
  - ДВАДЦАТЬ МИЛЛИОНОВ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ЖИЗНЕЙ
  - МЕЛЬЧАЙШИЕ ИЗ МАЛЫХ
  - ВЕЛИКАЯ ТАЙНА БЫТИЯ
  - СМЕРТОНОСНЫЕ ИГОЛКИ
  - ТАЙНА КАТАЛИЗАТОРОВ
  - ЗАГАДКА КОЛЛОИДОВ
  - ПРОЧНАЯ ЭЛАСТИЧНАЯ РЕЗИНА
  - СЕКРЕТ КРАСКИ
  - СЕРЕБРЯНАЯ ЭМУЛЬСИЯ
  - ШЕСТИГРАННЫЕ КРИСТАЛЛИКИ
  - АЛМАЗНЫЙ РЕЗЕЦ
  - СЕРЕБРЯНЫЕ ОСТРОВКИ
  - ПОЖИРАТЕЛЬ ЖЕЛЕЗА
  - ЗАКЛЮЧЕНИЕ
- notes
  - 1

○ 2

С. Д. Клементьев
ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП

РАССКАЗЫ О СОВЕТСКОЙ НАУКЕ

С. Д. КЛЕМЕНТЬЕВ

ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП

Государственное Издательство Детской Литературы
Министерства Просвещения РСФСР
Москва 1949 Ленинград

САМОЕ БОЛЬШОЕ И САМОЕ МАЛЕНЬКОЕ

В прекрасный летний день вы идете на прогулку: купаетесь в речке, бродите по лесу, отдыхаете на лесной полянке.

Тихо шелестят деревья, щебечут птицы, журчат ручьи.

Мир, окружающий вас, полон различных красок и звуков.

С жужжанием от цветка к цветку перелетают пчелы, бесшумно порхают в воздухе мотыльки, ползают по земле муравьи, прыгают с ветки на ветку белки. Изредка промелькнет перед вашими глазами чем-то испуганная серо-зеленая ящерица, где-то вдали промычат коровы, загоняемые с поля на колхозную ферму, а вы все лежите и лежите на земле, устремив глаза в безоблачное голубое небо, наслаждаясь покоем и отдыхом.

Видимый простым глазом мир, окружающий вас, чудесен.

Начинает вечереть. Смеркается. Пора возвращаться домой.

В небе бесчисленными огоньками вспыхивают яркие звезды. Вот Большая Медведица, вот Млечный путь, а вот и планеты нашей солнечной системы. Красноватым цветом светит Марс, ярко сияет голубой Юпитер, мерцает в небе Полярная звезда.

Бесконечность — вот первое, что приходит вам в голову при виде этого величественного зрелища.

Огромные расстояния отделяют небесные тела друг от друга.

Велика скорость световых лучей, но и им нужны многие миллионы лет, чтобы дойти до нашей Земли.

Расстояния между небесными телами настолько велики, что их трудно измерять километрами. Эти огромные расстояния измеряют в других единицах — в световых годах.

Известно, что свет в межпланетном пространстве проходит со скоростью около трехсот тысяч километров в одну секунду. Расстояние, которое проходит свет в течение года, и условились называть световым годом.

Трудно представить себе, насколько велико расстояние между какой-нибудь звездой и Землей, если свет от иных звезд идет до нас миллионы световых лет.

Невооруженным глазом невозможно рассмотреть такие далекие миры.

На помощь людям приходят телескопы — гигантские зрительные трубы. С их помощью открыты многие невидимые простым глазом звезды, горы на Луне, солнечные пятна, спутники планет.

Это мир больших величин, мир гигантов, мир, который мы, несмотря на огромные расстояния, можем рассмотреть в зрительные трубы и телескопы.

Но кроме того мира, который мы видим простым глазом и в телескопы, существует еще и другой мир. Это мир ничтожно малых величин, невидимых ни простым глазом, ни в самые

мощные телескопы. Ничтожные по своим размерам бактерии, молекулы различных химических веществ, очень тонкие, нежные клетки нервной системы, микроскопические кристаллы металлов и сплавов не различимы простым глазом.

Их можно увидеть только в особые приборы — микроскопы.

Но человечество узнало о мире ничтожно малых величин — микромире — сравнительно недавно.

ВОЛШЕБНЫЕ СТЕКЛА

В семнадцатом веке в Голландии жил человек по фамилии Левенгук. Он работал привратником городской ратуши, то-есть был кем-то вроде сторожа в учреждении, управлявшем городом Дельфтом, и одновременно торговал мануфактурой.

В свободное время Левенгук занимался тем, что шлифовал увеличительные стекла (линзы). В этом искусстве он достиг высокого совершенства. Он шлифовал свои стекла очень тщательно. Ему хотелось добиться все большего и большего увеличения предметов, которые можно было бы разглядывать через линзы.

В конце концов Левенгук отшлифовал линзы настолько точные и симметричные, что смог увидеть с их помощью мельчайшие предметы в сказочно ясном и увеличенном виде.

Это были поистине волшебные стекла. Через них Левенгук заглянул в новый мир, куда до него не мог проникнуть взором ни один человек.

Он увидел мельчайшие живые существа, названные нм «зверюшками». «Зверюшки» были очень забавны, чрезвычайно подвижны и разнообразны. Были и круглые, как шарики, и вытянутые в длинные нити, и спиралеобразные. Некоторые из них беспрестанно и быстро двигались в различных направлениях, другие же были неподвижны.

Этих «зверюшек» Левенгук увидел и в капле воды из лужицы, и в кусочке грязи с подошвы ботинок, и даже в налете со своих зубов. Он с большим интересом рассматривал в свои увеличительные стекла этих забавных «зверюшек» и зарисовывал их.

Волшебные стекла Левенгука давали увеличение в 100–150 раз. Левенгук рассматривал через них блошиные лапки, волоски гусениц, прозрачные пленки хвоста головастика и многое другое.

Через линзы Левенгук видел на блошиных лапках огромные когти, волоски гусениц были похожи на толстые морские канаты, а в хвосте головастика он обнаружил тоненькие трубочки, по которым текла холодная лягушечья кровь.

Левенгук увидел в свои волшебные стекла мельчайшие живые существа. Одни из них были с подвижными отростками, другие со странными ножками-щупальцами, а у третьих быстро колебались тысячи тончайших ножек- ворсинок.

Все эти существа (амебы, туфельки и другие инфузории) двигались, ловили добычу, переваривали ее, размножались и умирали.

Это был новый чудесный мир, который кишел около человека, но был незаметен и невидим простым, невооруженным глазом.

В свои линзы Левенгук сумел разглядеть, как ему тогда казалось, менее интересные, почти неподвижные палочки и изогнутые тельца.

Это были микробы. И именно они-то и оказались впоследствии самым важным и интересным из всего того, что увидел Левенгук в свои волшебные стекла.

Но об этом люди узнали только спустя двести лет после открытия Левенгука, когда ученые стали разглядывать микробов не в простые увеличительные стекла, а в сложные приборы — микроскопы.

Так человечество узнало о том, что, кроме привычного видимого мира, где шумели деревья, расцветали цветы, где резвились птицы, летали и ползали насекомые, существуют и другие миры как части единого целого.

В одном из этих миров в громадном безвоздушном пространстве с бешеной скоростью несутся звезды и планеты.

Другой мир, обступающий людей вплотную, кишит мельчайшими живыми существами, природа и деятельность которых не ясна и не разгадана.

Ученые заинтересовались этим микроскопическим миром. Они построили микроскопы — приборы, более совершенные, чем линзы Левенгука, и с их помощью стали изучать неведомые доселе организмы.

РАЗГАДКА ВОЛШЕБНОГО СТЕКЛА

В чем же тут дело? Почему обычное плоское стекло не увеличивает рассматриваемый предмет, а кривое стекло — линза — его увеличивает во много раз? Почему волшебные стекла Левенгука увеличивали предметы, которые невозможно рассмотреть простым глазом?

Весь секрет заключается в так называемом угле зрения. Что же это за угол? Углом зрения принято называть угол, который составляют две прямые, проведенные к глазу от крайних точек рассматриваемого предмета.

Допустим, что мы рассматриваем яблоко. Линии, проведенные от верха и от низа яблока, сходятся в нашем глазу под каким-то углом. Этот угол и называют углом зрения. Чем ближе от глаза находится рассматриваемый предмет, тем угол зрения будет больше. Наоборот, чем дальше расположен предмет, тем меньше угол зрения.

Углы, как известно, измеряются градусами, минутами и секундами. Полная окружность составляет развернутый угол в 360 градусов. Прямой угол равен 90 градусам. Каждый градус можно разделить на еще меньшие углы — минуты. Условились за минуту принимать угол, равный одной шестидесятой доле градуса.

Тут интересно следующее обстоятельство. Оказывается, что мы не можем увидеть простым глазом ни одного предмета, если угол зрения меньше одной минуты. Одна минута — это предел для нашего глаза.

Представьте себе обыкновенную пятнадцатикопеечную монету. Поперечник (диаметр) монеты в пятнадцать копеек равен 20 миллиметрам.

Возьмем эту монету в руку и отнесем ее от глаза на расстояние четверти метра. Мы ее отлично видим — угол зрения большой.

Попросим кого-нибудь отнести монету на большее расстояние. Она будет все уменьшаться и уменьшаться. Монета как бы тает на наших глазах. Вот она уже на расстоянии 10 метров и кажется совсем, совсем маленькой. Это значит, что уменьшился угол зрения, угол между двумя воображаемыми прямыми, проведенными в наш глаз с верха и с низа монеты.

Геометрия учит, что предмет, удаленный на расстояние, в 57 раз большее его поперечника, должен представиться наблюдателю под углом зрения в один градус.

Если произвести вычисления, то окажется, что мы будем

смотреть на нашу пятнадцатикопеечную монету под углом в один градус уже и тогда, когда она удалена от нас на расстояние всего лишь немногим больше одного метра.

Как только угол зрения станет меньше одной минуты, мы совсем потеряем монету из виду.

«Но при чем же тут волшебные стекла Левенгука?» спросит читатель.

Оказывается, что световые лучи, проходя через выпуклое стеклышко — линзу, преломляются и увеличивают угол зрения. Поэтому невидимый предмет через линзу становится отлично видимым.

Гранильщики драгоценных камней, вышивальщицы тончайших узоров на тканях, часовых дел мастера, резчики художественных изделий из слоновой кости — все это люди с очень зоркими глазами. Их наметанный глаз способен различать мельчайшие детали рисунка, недоступные другим. Но даже и эти «сверхзоркие» люди не могут увидеть предметы размером меньше одной десятой доли миллиметра.

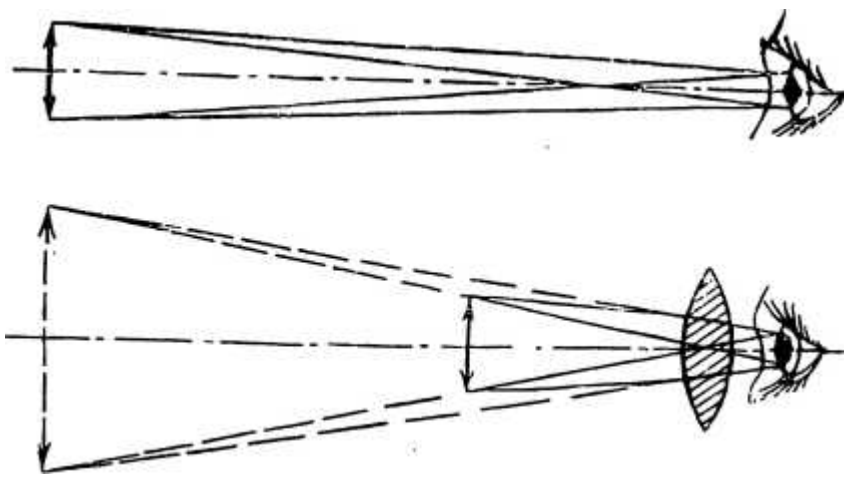


Схема преломления лучей: вверху — в невооруженном глазу, внизу — в лупе.

Если такие маленькие предметы приблизить к глазам почти вплотную, то все равно ничего не увидишь. Это потому, что угол зрения будет меньше одной минуты.

Но стоит только между предметом и глазом поместить линзу, как угол зрения сразу же увеличивается, и рассматриваемый предмет будет отлично виден.

Чтобы прочесть книгу, напечатанную мелким шрифтом, мы приближаем ее к нашим глазам. Благодаря этому увеличивается угол зрения, под которым мы видим буквы. Но как бы близко мы

ни приближали к нашим глазам каплю воды с плавающими в ней микробами, мы ничего не увидим. Эти мельчайшие живые существа останутся недоступными для нашего зрения.

И все это потому, что лучи света, отраженные от них, падают в наш глаз под углом зрения в сотые и тысячные доли минуты.

Только при помощи увеличительных стекол, преломляющих световые лучи и увеличивающих угол зрения, под которым видны рассматриваемые предметы, удалось увидеть микробы и другие мельчайшие предметы.

Это объясняется устройством нашего глаза. Отраженный от предмета свет попадает на сетчатку глаза. Сетчатка состоит из нервных окончаний — палочек и колбочек, чувствительных к свету. Если свет на сетчатку попадает под углом зрения, меньшим чем одна минута, то возбуждается только небольшое количество нервных клеток глаза, и мы видим вместо предмета одну точку. При еще меньших размерах предмета мы не видим даже и точки.

Мельчайшие предметы совершенно ускользают от нашего зрения, и единственное средство для того, чтобы их рассмотреть, — это увеличение угла зрения.

ПЕРВЫЕ НАХОДКИ

Левенгук добился того, что смог одной линзой увеличивать изображение предмета в десятки раз.

Если же взять несколько хорошо отшлифованных и точно сделанных линз и расположить их одну над другой, то изображение предмета можно увеличить еще больше.

В сложных оптических приборах — микроскопах — путем подбора линз удалось добиться увеличения изображений предметов в 1500–2000 раз[1]. Все более и более мелкие живые организмы и частицы становились доступными для изучения.

Изобретение оптического микроскопа, с помощью которого можно было наблюдать и изучать предметы, недоступные невооруженному глазу, помогло расширить представление о живой и мертвой природе, окружающей нас.

Оптический микроскоп позволил изучить тонкое строение клеток растений и животных, строение минералов, металлов и их сплавов. В оптический микроскоп были рассмотрены невидимые простым глазом тончайшие ответвления нервных волокон и кровеносных сосудов. С помощью оптического микроскопа были открыты микробы туберкулеза, холеры, брюшного тифа, дизентерии, сапа и других заболеваний.

Оказалось, что эти опасные для жизни болезни вызывались ничтожными «зверюшками», наподобие тех, которых видел Левенгук в свои увеличительные стекла.

Эти мельчайшие существа были живыми. Они двигались, питались, быстро размножались и убивали выделяемыми ими ядами — токсинами — организмы человека и животных.

Формы бактерий.

Крошечные убийцы были открыты учеными, которые изучили условия их жизни и нашли способы борьбы с ними.

Удалось создать такие лекарственные вещества, которые уничтожают микробов. Были разработаны точные методы обнаружения заболеваний.

До этих открытий трудно было распознавать болезни. Заболел человек. Поднялась температура. Началась рвота. А в чем дело, неизвестно. И лишь тогда, когда были открыты возбудители заболеваний (микробы), люди научились быстро распознавать болезни и бороться с ними.

Сотни тысяч человеческих жизней были спасены благодаря изобретению оптического микроскопа.

НОВАЯ ТАЙНА НЕВИДИМОГО МИРА

Однако все попытки обнаружить возбудителей некоторых других заразных (инфекционных) болезней не давали никаких результатов.

Страшная болезнь бешенство, некоторые виды энцефалита, оспа, корь, грипп и другие инфекционные заболевания изучались многими видными учеными.

Но никаких возбудителей этих болезней ученым обнаружить не удалось. А люди болели и умирали.

Оптические микроскопы были бессильны показать ученым тот таинственный мир, в котором скрывались невидимые, мельчайшие микробы. Туберкулезную палочку, холерного вибриона и многих других страшных микробов помог изучить исследователям оптический микроскоп.

Но показать ученым бациллы бешенства, оспы, энцефалита, гриппа было не в его силах. А может быть, их и нет совсем, этих бацилл? Может быть, это одна лишь фантазия, выдумка настойчивых ученых, почему-то видевших во всех заразных болезнях одну единственную причину — микробов?

И многие жрецы науки в бессилии разводили руками и пожимали плечами. Может быть, действительно, думали они, напрасно мы ищем того, чего нет! Может быть, на самом деле болезни, возбудителей которых мы не можем обнаружить, вызываются какими-то другими причинами, а не микроорганизмами? Может быть, причину многих страшных болезней, уничтожающих человечество, следует искать в божьем гневе?

Русский ученый Д. О. Ивановский был не согласен с этим мнением. Одновременно с ним работал другой русский ученый, микробиолог Н. Ф. Гамалея. В 1856 году он произвел опыт, доказывавший существование мельчайших, невидимых в оптический микроскоп микробов. Гамалея пропустил кровь зараженного чумой животного через специальный мелкопористый фильтр, не пропускающий бактерий. Жидкость, которая просочилась через этот фильтр, была впрыснута Гамалеей здоровому теленку. Теленок заболел чумой. Отсюда Гамалея сделал вывод, что профильтрованная жидкость, хотя и была свободна от микробов, которые не смогли пройти сквозь поры фильтра, все же содержала какое-то невидимое под микроскопом заразное начало. Ивановский упорно искал невидимых даже в оптический микроскоп крохотных убийц и в конце концов напал на их след. Ивановский разгадал эту новую тайну невидимого

мира.

ОТКРЫТИЕ РУССКОГО УЧЕНОГО

Как же сделал Ивановский свое замечательное открытие, которому суждено было сыграть в дальнейшем столь большую роль в науке?

Ивановский был не врачом, а ботаником. Он всю жизнь возился с растениями и, кроме них, ничем не занимался.

Д. О. Ивановский.

В 90-х годах прошлого столетня в Крыму появилась ужасная болезнь, поражавшая растения. От этой болезни гибли большие плантации, занятые посевами табака. На листьях табака появлялись какие-то странные язвы. Табак погибал.

Молодого ботаника Ивановского послали в Крым изучить эту болезнь. Болезнь растений, носившая название «табачной мозаики», была в самом разгаре. Ивановский произвел множество опытов, но возбудителя заболевания ему обнаружить долго не удавалось.

Тогда Ивановский предположил, что заболевание вызывается токсинами — ядами, которые выделяются бактериями. Токсины можно отделить от бактерий, процедив раствор, в котором они находятся, через мелкопористый фильтр.

В одном из своих опытов Ивановский растер несколько больных листьев табака в кашицу и разбавил ее водой. Потом он профильтровал полученный раствор через фильтр, не пропускающий бактерий.

Если это заболевание вызывается бактериями, рассуждал Ивановский, то они должны задержаться фильтром. Профильтрованная же вода будет содержать только выделяемое бактериями ядовитое начало — токсин.

Ивановский впрыснул изрядную дозу профильтрованного раствора в совершенно здоровое растение. Оно заболело.

Можно было подумать, что в соке больного растения и в самом деле содержится какой-то токсин, способный вызвать заболевание. А может быть, все-таки это был не токсин, а что-то другое? Как это доказать?

Ивановский повторил опыт. Он растер в кашицу листья вновь заболевшего растения и, снова профильтровав сок, впрыснул его в другое здоровое растение, ранее никогда не болевшее.

Это растение также заболело, причем даже скорее, чем первое.

Ивановский переносил заболевание от одного растения к другому, пытаясь найти такую дозу токсина, которая была бы безвредна для растений.

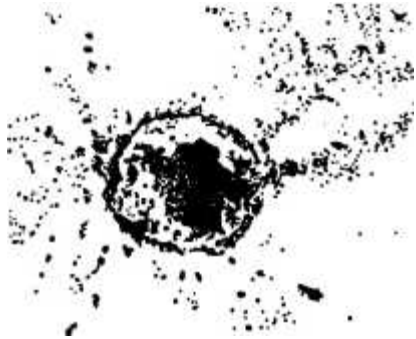
Ведь токсин (если это был он!) каждый раз разбавляется соком следующего растения. Его должно становиться все меньше и меньше с каждой прививкой. В конце концов он должен разбавиться настолько, чтобы уже не вызывать заболевания. А получалось обратное — сок растений все время усиливал свою способность вызывать заболевание.

Странная история, думал Ивановский: вместо того чтобы ослабевать в своей силе, растворяясь все больше и больше в каждом последующем растении, токсин делается еще более ядовитым!

Нет, это не токсин, решил Ивановский, а какие-то мельчайшие микробы, которые пролезают через поры фильтра и все время размножаются.

Эти ничтожные из ничтожных представители животного мира были названы вирусами. Вирусы не росли на тех питательных средах (бульон, агар-агар), на которых с успехом живут и размножаются обычные, видимые в оптический микроскоп микробы.

Как потом оказалось, вирусы питаются, растут и размножаются внутри клеток организмов, в которых они паразитируют.



Элементарные тельца в клетке.

Поэтому воздействовать на вредные вирусы, уничтожить их гораздо сложнее, чем обычных микробов.

Фарфоровые фильтры, которые задерживают разведенных в воде обычных микробов, пропускают через свои мельчайшие поры открытые Ивановским вирусы. Так малы эти созданные природой ничтожные организмы!

Ученые — микробиологи не сразу поверили в это открытие. Но целой серией блестящих опытов Ивановский подтвердил свою гениальную догадку. Он сделал поистине великое дело: открыл невидимых в оптический микроскоп мельчайших из самых мелких микробов и создал новую науку — вирусологию. Недаром Ивановского называют отцом вирусологии.

В ПОГОНЕ ЗА НЕВИДИМКАМИ

С этого дня началась погоня за вирусами.

Ученые открывали один вирус за другим. Их оказалось немало. В настоящее время открыто около двухсот вирусов, вызывающих различные заболевания человека, животных и растений.

Отвратительная болезнь, оставляющая на лице человека следы на всю жизнь, — оспа, бешенство, от которого люди раньше умирали в. девяноста случаях из ста, вызываются вирусами. Они же являются причиной различных видов энцефалита — воспаления головного мозга, от которого редко излечивались люди, гриппа, свинки, кори, чумы собак, свиней и рогатого скота, ящура и многих других заболеваний.

Трудно даже представить себе, как ничтожно малы эти маленькие зверьки — вирусы.

Эти мельчайшие живые существа, попав в организм человека, через короткое время валят его с ног и убивают.

Ивановскому так и не удалось увидеть открытые им вирусы. В 90-х годах прошлого столетия, когда он жил и трудился, не было еще электронных микроскопов, которые бы подтвердили правильность его открытия. А самые лучшие оптические микроскопы были бессильны показать исследователям таинственных невидимок.

Эти загадочные возбудители опасных болезней ускользали от глаз ученых и продолжали творить свое черное дело.

Словно боясь, что их поймают и уничтожат, вирусы прятались от взоров человека где-то в темных и таинственных глубинах невидимого мира. Прятаться им помогали чрезвычайно малые их размеры.

Много усилий было потрачено на то, чтобы определить хотя бы приблизительную величину таинственных невидимок. Это была очень трудная задача. Подумать только: определить размеры микробов, невидимых даже в микроскопы!

И все-таки ученые определили приблизительные размеры этих ничтожных существ.

Раствор, в котором, как предполагалось, были вирусы, процеживали через пористые фильтры. Размер пор фильтров точнейшим образом измеряли всеми доступными способами. Если профильтрованный раствор вызывал заболевание, значит вирус проходил через фильтр и его величина была меньше, чем размеры пор фильтра.

Таким косвенным путем были измерены вирусы. Оказалось,

что они имеют величину от нескольких миллионных до двух десятитысячных долей миллиметра.

Только самые крупные вирусы, размером около 0,0002 миллиметра, можно было кое-как рассмотреть в оптические микроскопы. Таких «крупных» вирусов оказалось немного. Остальные были недоступны для наблюдения.

Вирусы меньше чем в 0,0002 миллиметра в оптический микроскоп увидеть нельзя.

СЕКРЕТ ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА

Почему же через оптический микроскоп нельзя увидеть частицы, меньшие 0,0002 миллиметра?

Казалось бы, что чем больше линз в микроскопе, тем все большие и большие увеличения рассматриваемых предметов можно от него получить.

Если несколько штук линз дают увеличение до 2000–3600 раз, то, может быть, можно поставить их вдвое больше? Тогда мы сможем увидеть предметы и меньшие по размерам чем 0,0002 миллиметра?

Но это не так. У оптического микроскопа оказался предел, «потолок» его возможностей, выше которого «прыгнуть» было нельзя.

Больше чем в 2000–3600 раз оптический микроскоп не может увеличивать изображения предметов. Тут не поможет никакая даже самая точная полировка увеличительных стекол. Не поможет ни удвоенное, ни утроенное количество линз. Можно громоздить одну линзу на другую, придумывать всяческие ухищрения, но есть граница, переступить которую оптический микроскоп не в силах. И дело тут совсем не в линзах.

В оптический микроскоп нельзя видеть предметы, размеры которых меньше 0,0002 миллиметра. И как ни странно, в этом виноват свет. Тот самый свет, который позволяет нам видеть окружающий нас мир! В чем же тут дело?

Почему свет ставит предел видимости оптического микроскопа? Почему же свет мешает видеть?

Сам этот вопрос как-то странно звучит. Все мы знаем, что видеть предметы нам мешает темнота, а вовсе не свет.

Это верно, конечно, если мы говорим о видимости больших предметов. Это верно и тогда, когда разговор идет о частицах размером более чем 0,0002 миллиметра.

Крупные предметы мы отлично видим невооруженным глазом, а мелкие — через лупу или в микроскоп.

Но частицы более мелкие чем 0,0002 миллиметра невидимы и в самый лучший оптический микроскоп.

Мы уже сказали, что в этом виноват свет. В чем же его вина? В чем же заключается эта странная загадка световых лучей?

Для того чтобы разгадать это на первый взгляд непонятное явление, надо разобраться в том, что такое световые лучи, что такое световые волны.

ВОЛНЫ-ГИГАНТЫ ВОЛНЫ-КАРЛИКИ

Бросьте небольшой камешек в зеркальную гладь тихого озера. От места падения камня кругами разойдутся волны. Расстояние между верхушками (гребнями) этих кругов называют длиной волны.

Волны бывают разной длины. Вот перед вами берег моря. Грозные валы серо-зеленой воды, пенясь и рыча, обрушиваются на берег. С шумом ударяются волны о камни, разбиваются и бурлят. Расстояние между гребнями этих бушующих волн два-три метра.

Во время бури морские волны еще длиннее. Расстояние между двумя соседними гребнями волн доходит до 200 метров. Высота их от гребня до впадины достигает высоты трехэтажного дома, и двигаются они со скоростью пассажирского поезда.

Водяные волны — это колебания частиц воды, звуковые — воздуха.

Кроме водяных и воздушных, в природе существует много других волн.

Включите радиоприемник. Вы услышите голос: «Внимание, внимание! Говорит Москва на волне 1744 метра».

О каких волнах говорит диктор? Очевидно, о радиоволнах.

Радиоволны мы не видим и не слышим, но они существуют так же реально, как волны в воде или в воздухе. Радиоволн очень много вокруг нас, но без радиоприемника мы их обнаружить не можем.

Тепловые волны нельзя видеть, нельзя слышать, но их можно ощущать.

Световые лучи — это тоже волны, но только очень- очень маленькие. Длина волн света меньше, чем длина радиоволн и тепловых лучей.

Длина волны красных лучей — около 0,0008 миллиметра, или, коротко говоря, 0,8 микрона (микрон — 0,001 миллиметра). Волны желтых, зеленых и синих лучей еще короче. Волны фиолетовых лучей самые короткие — длина их 0,4 микрона. Наш глаз еще воспринимает эти крохотные волны.

Но более короткие волны (ультрафиолетовые лучи) человеческий глаз не видит.

Так уж он устроен.

И все-таки эти невидимые глазом волны существуют. Они вызывают на теле человека красивый коричневый загар.

Еще более короткие волны, известные нам, — это рентгеновские лучи, затем гамма-лучи радия и космические.

В оптическом микроскопе используются видимые лучи света.

Видимые световые лучи (белый свет) — это смесь волн длиной от 0,8 до 0,4 микрона.

Какая же материя колеблется, создавая световые волны?

Световые волны особые. Это колебания электрических и магнитных сил. Поэтому и сами световые волны называются электромагнитными.

Они одной природы с радиоволнами, только гораздо короче их. Радиоволны измеряются километрами и метрами, а световые — десятитысячными долями миллиметра — долями микрона.

Световые волны — это «волны-карлики».

Когда мы пользуемся микроскопом, то посылаем пучок световых лучей (волн) на рассматриваемый предмет.

Световые волны отражаются от предмета и через несколько линз попадают в наш глаз. Глаза видят в увеличенном виде освещенный световыми волнами предмет.

Так обстоит дело, когда предмет, рассматриваемый в микроскоп, имеет размер не меньше 0,0002 миллиметра.

От предмета меньших размеров световые волны не отражаются. Они проходят мимо предмета, как бы не желая его замечать.

Это странное поведение световых волн объясняется тем, что длина их больше размеров предмета. Вместо того чтобы упасть на предмет и отразиться, световая волна, как говорят, огибает его[2].

Впрочем, так же ведут себя и волны-гиганты. Представьте себе волнующееся море или озеро. По поверхности воды ровными валами бегут волны. Волны с силой бьют о берег и откатываются назад.

Но вот вы видите на пути волны большой подводный камень, возвышающийся над поверхностью воды.

Волны, не достигнув берега, ударяются об этот камень и отскакивают назад, отражаются от него.

Они будут всегда отражаться от камня, если его размеры больше расстояния между гребнями двух соседних волн.

Волны с шумом ударяются о камень, разбиваются и бурлят. А позади камня поверхность воды спокойна и невозмутима. Большой камень как бы отбрасывает позади себя тень.

А вот недалеко от большого камня лежит камешек поменьше. Размеры этого камешка небольшие. Они во много раз *меньше* длины волны.

Маленький камень не мешает распространению волн и не отбрасывает позади себя тени.

Волны, как бы не «заметив» маленького камешка, пройдут мимо него и выплеснутся на берег.

Они продолжают бежать, словно на их пути ничего нет.

Так же ведут себя и световые волны.

Световая волна отражается от всех предметов, размер которых больше, чем ее длина.

Маленькие же предметы, размер которых равен или меньше чем половина длины световой волны, отражения не дают. Как и волны воды, световые волны огибают предмет, проходя мимо него.

Значит, мы эти предметы и не увидим в обычный оптический микроскоп, как бы точно ни шлифовали линзы и ни увеличивали их число.

Никакая новая линза здесь не поможет.

Предмет защищен от взора человека непроницаемой защитой — своим размером.

Чтобы проникнуть в тайны невидимого мира и построить микроскоп, который мог бы «видеть» частицы размером меньше 0,0002 миллиметра, нужны какие-то другие волны.

Эти волны должны быть намного короче световых волн. Их длина должна быть гораздо меньше, чем размер частиц, которые мы хотим рассматривать. Например, чтобы рассмотреть молекулы или загадочные вирусы, нужны волны, в сотни раз более короткие, чем волны видимого света.

Где же взять такие крохотные волны?

Не помогут ли нам рентгеновские лучи? Длина их волн в сотни и тысячи раз короче длины волн видимого света. Хотя рентгеновские лучи и невидимы, но зато они отлично действуют на фотопластинки. С их помощью можно было бы сфотографировать предметы, в сотни и тысячи раз меньшие, чем при помощи видимого света.

Но оказывается, что с рентгеновскими лучами ничего не получится. Пока еще неизвестны материалы, из которых можно было бы сделать линзы для рентгеновских лучей. Длина их волн так мала, что они проходят любое вещество, не преломляясь.

Что же делать? Как будто бы нет никакого выхода. Как будто мы никогда не сможем увидеть мельчайшие частицы и познать тайны невидимого мира.

Но физики решили этот, казалось бы, неразрешимый вопрос. Они искусственно создали волны, в тысячи и сотни раз более короткие, чем волны света.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ВОЛНЫ

Все мы слышали слово «электрон». Электроны — это мельчайшие частицы материи. Меньших частиц материи мы пока не знаем.

Электроны замечательны еще и тем, что они несут с собой заряды отрицательного электричества.

Электроны распространяются по проводам и накаливают тоненькую проволочку в электрической лампочке. Они же нагревают спираль электроплитки. Электроны работают в усилительных лампах наших радиоприемников.

Электроны всюду. Они могут быть и неподвижными и двигаться с огромной скоростью в любых направлениях. Но что самое интересное, так это способность электронов распространяться волнами. Это очень важное свойство электронов.

Длина электронных волн зависит от скорости движения электронов. Чем больше скорость электронов, тем короче электронные волны. При очень большой скорости электронов длина их волн будет настолько коротка, что волны «отзовутся» на самое ничтожное препятствие, на самый мельчайший предмет, стоящий на их пути.

По сравнению с крохотными электронными волнами вирусы, эти пигмеи из царства невидимых живых существ, огромны. И если на пути электронной волны окажутся вирусы или любые другие частицы столь же ничтожных размеров, электроны не смогут миновать их, не изменив направления своего полета.

Длина волн электронов, разогнанных электрическим напряжением в 50 тысяч вольт, составляет не более 0,000000005 миллиметра. Это в 20 раз меньше, чем размер атома!

Электронные волны дают возможность рассматривать предметы, в сто раз меньшие чем те, которые удается разглядеть в обычные микроскопы.

В микроскопах с электронными волнами, или, как их называют, электронных микроскопах, можно добиться увеличений в сотни тысяч раз.

Невооруженным глазом с трудом можно различить две точки, расстояние между которыми менее 0,1 миллиметра.

Обычные оптические микроскопы дают возможность различить две точки, расстояние между которыми составляет 0,0002 миллиметра.

С помощью же электронного микроскопа можно исследовать предметы, крайние точки которых расположены друг от друга

всего на 0,000001 миллиметра. Так велика «разрешающая сила» электронного микроскопа.

Теоретически подсчитано, что посредством электронного микроскопа можно добиться еще больших увеличений.

ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП

Но как же использовать электронные волны в микроскопах? Ведь эти ничтожные по размерам волны сами по себе невидимы! Человеческий глаз не видит ни электронов, ни их волн. Но он может видеть действие электронных волн на фотопластинку или на особые вещества, которые светятся, когда на них падает поток электронов.

Можно создать искусственные глаза, которые «видят» электронные лучи так же хорошо, как человеческие глаза видят лучи света.

Искусственный глаз устроен несложно. Это пластинка, покрытая сернистым цинком или виллемитом — веществами, светящимися под действием ударяющихся о них электронов.

Микроскоп, в котором использованы электронные волны, называют электронным.

ЭЛЕКТРОННАЯ ПУШКА

В обычном, оптическом микроскопе для освещения рассматриваемых предметов пользуются специальным осветителем с электрической лампочкой.

В электронном микроскопе для той же цели служит электронная пушка. Эта пушка «стреляет» электронами.

Как же устроена эта оригинальная пушка?

Весь ее «боекомплект» состоит из коротенького кусочка вольфрамовой проволоки, раскаляемой электрическим током.

Как и всякое нагретое до высокой температуры тело проволока излучает электроны, которые притягиваются металлической пластинкой (анодом), заряженной положительно.

Анод радиолампы состоит из сплошной пластинки, а анод электронной пушки в центре имеет маленькую дырочку, через которую вылетают электроны. В обычных радиолампах наших широковещательных приемников напряжение между накаливаемой нитью лампы и анодом редко превышает 300 вольт. В электронной же пушке современного советского микроскопа напряжение не ниже 30–50 тысяч вольт. Чем выше напряжение между вольфрамовой проволочкой и анодной пластинкой, тем больше скорость электронов.

С громадной скоростью электроны, выстреливаемые из пушки, проскакивают через отверстие в анодной пластинке и по инерции летят вниз. Там, внизу, электроны попадают в линзы. Это не обычные линзы. Они совсем не похожи на стеклянные увеличительные стекла.

Линзы в электронном микроскопе представляют собой… пустоту.

И эти пустотные линзы отлично преломляют электронные волны, сводят их в пучки, подобно тому как увеличительное стекло собирает лучи света в одну точку.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЛИНЗЫ

Что же это за странные линзы, сделанные из «ничего»?

Дело в том, что между световыми и электронными волнами есть большая разница. Электроны обладают электрическим зарядом. Движущиеся электроны — это электрический ток. На всякий электрический ток действует магнит. Световые волны заряда с собой не несут, и поэтому магнит на них не действует. Когда луч света проходит через стеклянную линзу, то он меняет свое направление, преломляясь под воздействием атомов стекла.

Летящие же электроны могут отклониться от первоначального пути, попав либо в электрическое, либо в магнитное поле.

В советском электронном микроскопе пользуются магнитным полем. Поэтому пустые линзы электронного микроскопа представляют собой катушки из проволоки, создающие магнитное поле. Эти катушки устроены почти так же, как обычные катушки для ниток. Но вместо ниток на гильзы катушек намотана медная изолированная проволока.

Когда по виткам катушки проходит электрический ток, то создается магнитное поле. Это магнитное поле и воздействует на поток быстро летящих электронов внутри катушки. Магнитное поле, создаваемое катушкой, собирает электроны в узкие пучки, подобно тому как стеклянная линза собирает лучи света в одну точку.

Первая линза — *конденсорная* — собирает, или, как говорят, конденсирует, электроны, выстреливаемые из электронной пушки, в узкий пучок и, подобно лучу прожектора, нацеливает их на изучаемый предмет.

Но можно ли, например, назвать предметом немыслимо крошечные точки вирусов или молекулы какого- нибудь металла? Как их укрепить внутри микроскопа?

Они наносятся на тончайшую пленку из коллодия или другого лака. Электроны проходят через пленку насквозь, пробивают ее, как пули, навылет. Но часть электронов натыкается при своем полете на мельчайшие тельца вирусов или молекул и рассеивается по сторонам.

Длина электронной волны очень мала. Она намного меньше тех крошечных частиц, которые исследуются под микроскопом. Поэтому электронная волна отражается от этих частиц и рассеивается в стороны. Электронная волна не огибает этих крошечных частиц. Она «замечает» столь безмерно малые предметы. Пройдя изучаемое вещество, электроны попадают во

вторую магнитную линзу. Эта линза называется *объективной*. Она дает первое изображение, как бы начальную зарисовку сильно увеличенного предмета.

Третья магнитная линза — *проекционная* — увеличивает изображение еще больше. Проекционная линза отбрасывает электроны на фотопластинку или на экран, покрытый веществом, светящимся под их ударами.

Электроны, ударяющиеся об экран, вызывают на нем маленькие зеленоватые вспышки света.

Но не все электроны попадают на экран. Некоторые электроны, вылетевшие из электронной пушки и попавшие в первую магнитную линзу, рассеиваются, встретив на своем пути изучаемый предмет.

Эти электроны на экран (или на фотопластинку вместо экрана) уже не попадают. В результате экран светится неравномерно. В тех местах экрана, в которые ударились электроны, будут вспышки света, а куда электроны не попали — тень.

Но в различных участках изучаемого предмета электроны рассеиваются по-разному. Там, где предмет толще или плотность его выше, электронов рассеется гораздо больше.

Меньше всего рассеивает электронов тончайшая пленочка, на которую наносится изучаемый предмет или вещество. Пленка пропускает электронов больше всего. Электроны «простреливают» ее навылет.

Те точки экрана, куда попадает большее число электронов, светятся сильнее. Те точки, в которые электронов попадает мало, светятся гораздо слабее. Точки экрана, в которые вовсе не попадает ни одного электрона, остаются совершенно темными.

Так в игре Света различной яркости и тени возникает перед нашими глазами изображение предмета, увеличенное в десятки и сотни тысяч раз.

Чтобы изображение предмета на экране получилось правильным, а не искаженным, электроны, прошедшие изучаемый предмет, больше уже не должны нигде рассеиваться. Ничто не должно мешать их свободному полету от предмета к экрану. А ведь лететь им предстоит еще далеко. До экрана почти метр пути. Мало ли что может случиться с электроном!

Электрон, пройдя изучаемый предмет, может натолкнуться на молекулу воздуха. В результате такого столкновения пострадают и молекула и электрон. Судьба молекулы воздуха нас сейчас мало интересует. Гораздо важнее, что произойдет от такого удара с электроном.

Электрон при ударе о молекулу воздуха отскочит в сторону и

на экран не попадет. Поэтому изображение предмета будет искаженным.

Чтобы этого не произошло, с пути электронов удаляют воздух насколько это возможно. Во время работы электронного микроскопа вакуумный насос все время выкачивает воздух из прибора. Там остается совсем немного молекул воздуха.

Вероятность столкновения электронов с этими молекулами ничтожна.

Давление еще остающегося в приборе воздуха в сто миллионов раз меньше, чем нормальное давление атмосферы. При таком разрежении электроны свободно летят до экрана, почти не сталкиваясь с молекулами воздуха на всем своем длинном пути.

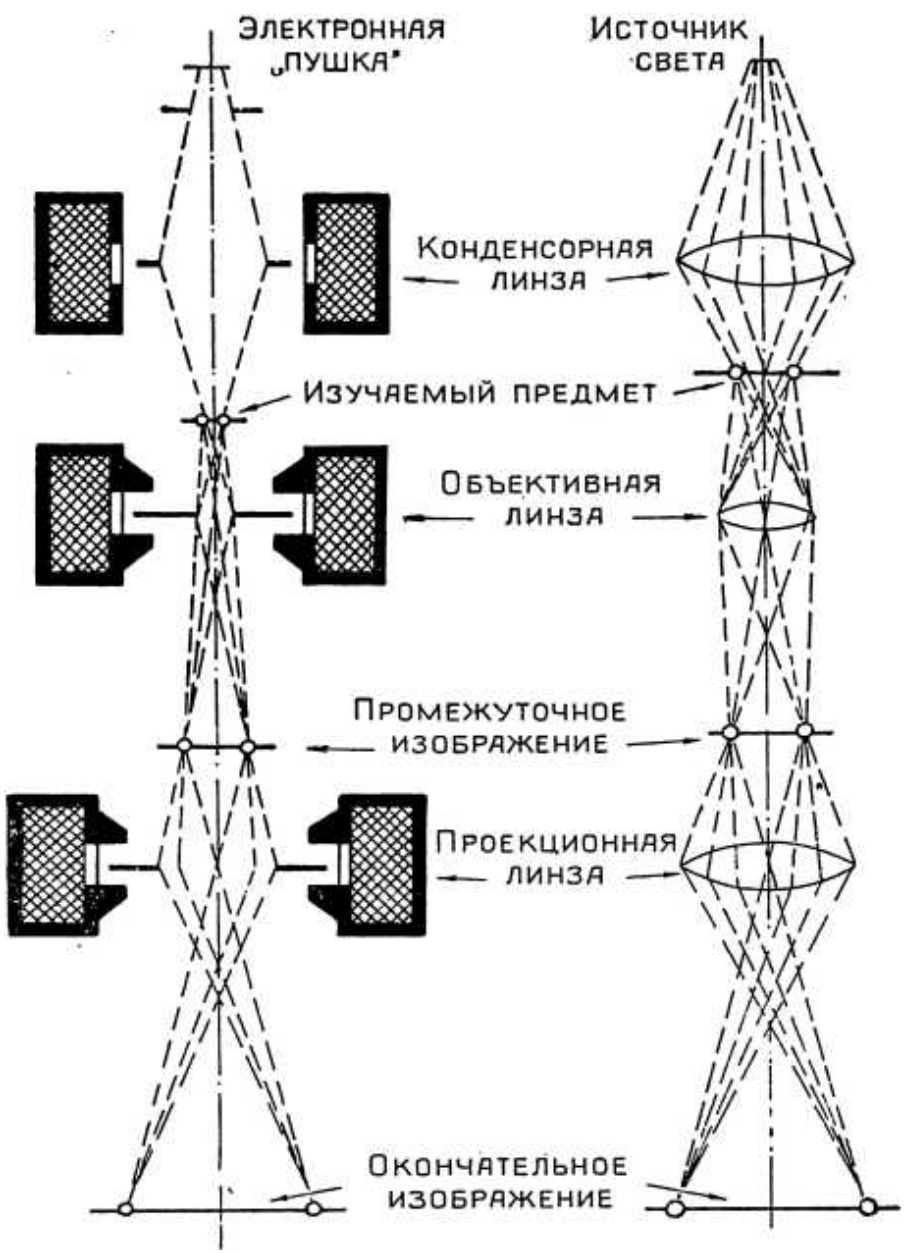


Схема действия микроскопов: слева — электронного, справа — оптического.

Мы сказали, что этот путь длиной около метра. Разве это так много?

Понятие о большом и малом очень условно. Нам, людям, путь в один метр кажется маленьким. Для электронов же это огромная величина.

Ведь размер электрона так немыслимо мал! Если представить

электрон в виде шарика (его истинная форма до сих пор неизвестна), то диаметр этого шарика будет всего лишь несколько биллионных долей миллиметра.

Если электроны вытянуть в цепочку, то в одном миллиметре их уложится несколько сотен миллиардов штук. Вот насколько мал электрон!

Поэтому путь длиной в один метр для электрона колоссально велик. Это все равно, что футбольному мячу пришлось бы лететь расстояние в десятки миллиардов километров.

Быстро пролетать огромный для электронов путь помогают им их гигантские скорости.

Скорость электронов зависит от того, какое напряжение приложено к нити и анодной пластинке электронного микроскопа. Чем больше это напряжение, тем выше скорость электронов, тем большее увеличение дает электронный микроскоп.

Создание первого образца электронного микроскопа потребовало нескольких лет напряженного труда советских ученых.

Наши электронные микроскопы работают с огромной точностью, давая высокое качество изображения.

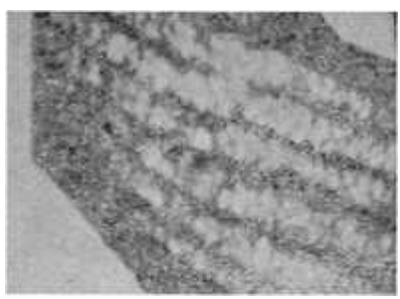
КАК СОЗДАВАЛСЯ СОВЕТСКИЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП

Работа над созданием советского электронного микроскопа была начата в 1940 году в Ленинградском государственном оптическом институте.

Академик А. А. Лебедев и его сотрудники взялись за решение этой сложной технической задачи. Много труда и энергии вложили они в эту работу. В конце 1940 года был построен первый макет электронного микроскопа, увеличивающий рассматриваемые предметы в 10 тысяч раз.

При этом увеличении были получены первые фотоснимки с пыльцы бабочки капустницы. Это насекомое уничтожает капусту и приносит большие убытки овощеводческим хозяйствам.

Первым советским электронным микроскопом удалось заснять пыльцу этого зловредного насекомого.



Пыльца бабочки капустницы. Увеличение — 3500.

Советский электронный микроскоп еще в младенческом возрасте, только что родившись, бросился в бой с вредителями сельского хозяйства и как трофей своей победы преподнес его создателям первую фотографию пыльцы бабочки капустницы.

Но это было только началом трудных и тяжелых работ советских ученых по электронной микроскопии.

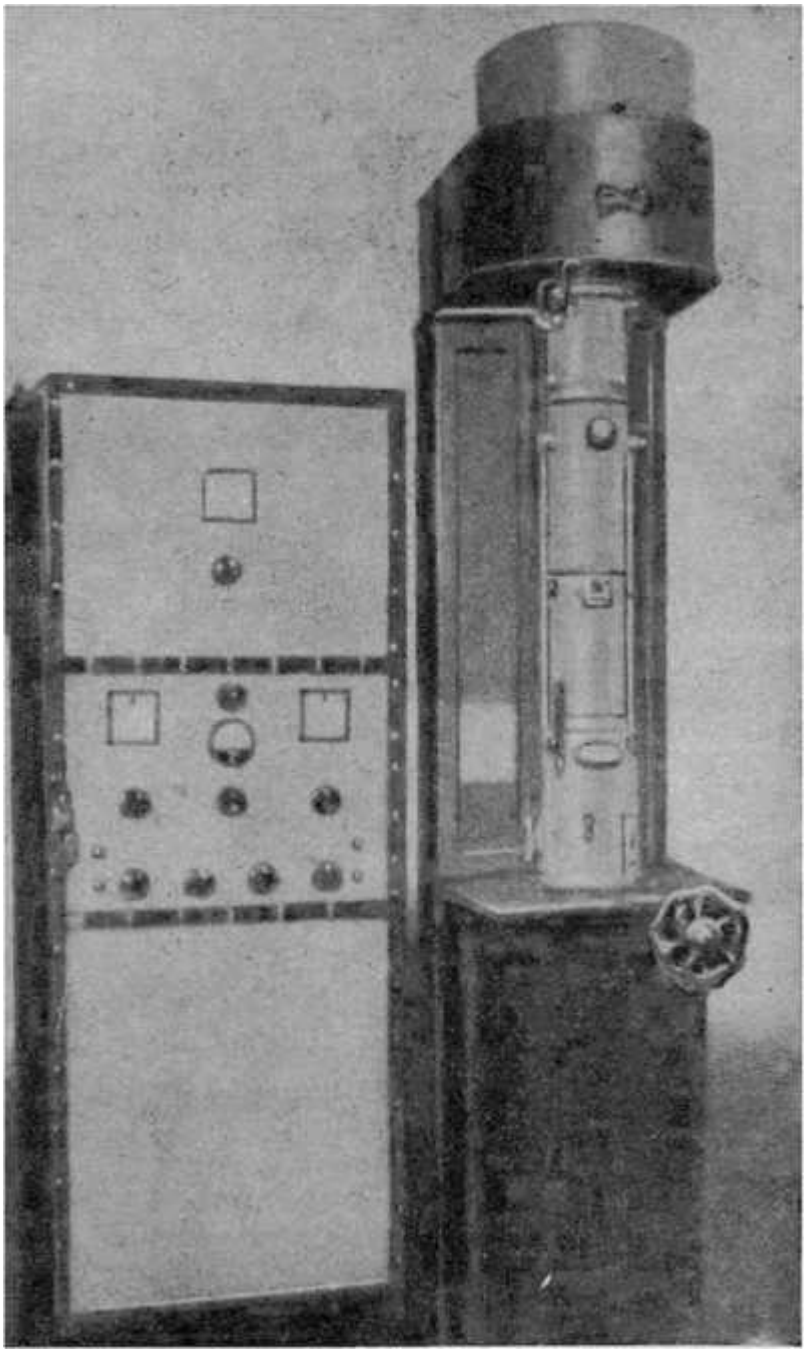
Окрыленные первыми успехами, наши ученые взялись за создание другой, еще более совершенной модели электронного микроскопа, которая должна была давать увеличение в 25 тысяч раз. Эта модель дала бы возможность рассмотреть мельчайшие предметы размером в 0,000001 сантиметра.

Работы по постройке этой новой модели электронного микроскопа уже были близки к окончательному завершению, но началась Великая Отечественная война.

Немецко-фашистские захватчики стянули огненным кольцом

великий город Ленина. Научная лаборатория академика Лебедева была вынуждена эвакуироваться на восток.

Напряженная работа большой научной важности по созданию советского электронного микроскопа продолжалась в городе Йошкар-Ола.



Внешний вид советского электронного микроскопа.

До Великой Октябрьской социалистической революции город Йошкар-Ола назывался Царевококшайском. Это была убогая, отсталая провинция. Грязь, нищета, невежество — вот чем «славился» этот город до революции.

За годы советской власти этот город преобразился, и именно в нем, в этой бывшей царской провинции, где раньше почти все население было безграмотным, создан первый отечественный электронный микроскоп.

Это была огромная победа советских ученых, воспитанных партией Ленина-Сталина. В советском электронном микроскопе воплотилась наиболее современная и передовая научная мысль.

К концу 1946 года Государственный оптический институт изготовил уже четвертую по счету модель электронного микроскопа.

В эти электронные микроскопы можно рассматривать частицы размером менее чем в половину миллионной доли сантиметра.

С трудом можно себе представить, насколько малы эти частицы. Но год спустя советская промышленность изготовила микроскопы еще более зоркие.

КАК УСТРОЕН СОВЕТСКИЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП

Советский электронный микроскоп имеет форму колонны высотой приблизительно в один метр.

Колонна состоит из металлических труб, свинченных болтами. Диаметр колонны —130 миллиметров. Внутри колонны находятся все основные части электронного микроскопа.

Там помещается осветительная система, состоящая из источника электронов — электронной пушки.

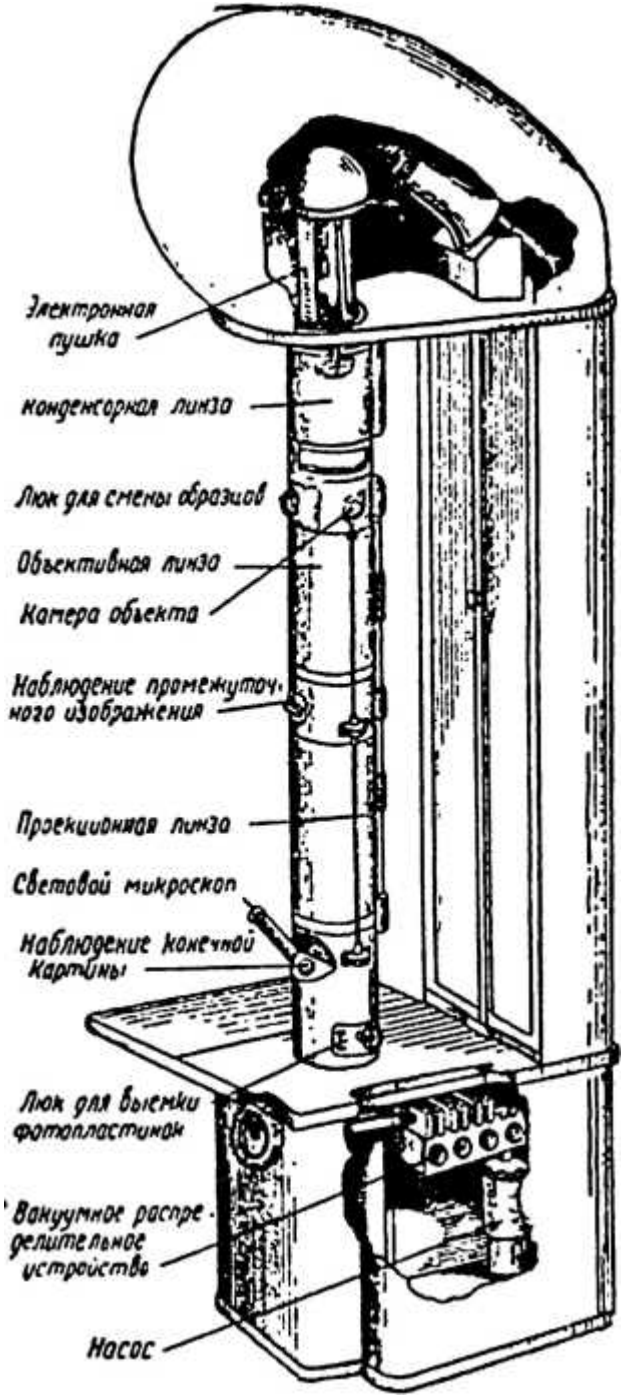


Схема советского электронного микроскопа.

Под электронной пушкой, если смотреть сверху вниз, размещена электромагнитная (конденсорная) линза. Она собирает на исследуемых препаратах электроны, вылетающие из

пушки. Потом идет камера препаратов с предметным столиком.

Эта камера так устроена, что допускает перемещение образцов в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Кроме того, камера допускает наклон образцов под небольшим углом по отношению к оси микроскопа. Это крайне важно в тех случаях, когда производится объемная съемка (стереосъемка).

Еще ниже находится объективная электромагнитная линза.

Она дает увеличение изображения исследуемых образцов в 130 раз. На маленьком промежуточном экранчике можно наблюдать эти изображения.

И еще ниже под объективной линзой располагается другая линза, называемая проекционной. Это вторая ступень увеличения. Увеличение этой линзы может изменяться, по желанию, от 20 до 200 раз.

Общее увеличение электронного микроскопа получается перемножением тех увеличений, которые дают объективная и проекционная линзы.

Меняя увеличение проекционной линзы, получают общее увеличение в пределах от 2 600 до 26 000 раз.

Под проекционной линзой находится экран. Как вы уже знаете, этот экран покрыт особым химическим составом, который светится при попадании на него электронов.

На экране можно прямо видеть следы ударяющихся электронов, рисующие рассматриваемое изображение. Тут же укреплено и устройство для смены фотопластинок. По желанию исследователей, можно либо наблюдать изображение предметов, либо его сфотографировать.

Вот все, что находится внутри металлической колонны электронного микроскопа.

Под колонной установлен вакуумный насос, высасывающий из нее воздух. Этот насос создает предварительный вакуум. Он выкачивает почти весь воздух, содержащийся в колонне.

Ему помогает другой насос, который называется диффузионным масляным насосом. Он выкачивает остатки воздуха из колонны, доводя разрежение до 0,0001 миллиметра ртутного столба.

С насосами установлено еще так называемое вакуумное распределительное устройство. Этот механизм осуществляет во время работы электронного микроскопа все необходимые вакуумные переключения.

Можно менять изучаемые вещества во время работы, не впуская в микроскоп воздуха.

Кроме самого микроскопа, имеется еще специальная установка электрического питания. Она снабжает электронный

микроскоп электроэнергией во время его работы.

В передней части колонны микроскопа расположены смотровые окошечки, через которые рассматривают изображения, получаемые на экранах.

Через одно окошечко, которое находится над проекционной линзой, рассматривают изображение, увеличенное в 130 раз. Это вроде грубой наводки, как бы видоискатель фотоаппарата, по которому производится первоначальная установка исследуемых образцов.

В нижней части прибора находится большое смотровое окно. Через это окно можно рассматривать обоими глазами изображение, увеличенное в десятки тысяч раз.

К тридцатилетию Великого Октября (1947 год) советской электропромышленностью был изготовлен новый электронный микроскоп, дающий увеличение в 200 тысяч раз. Это новая огромная победа советской науки и техники. С такими приборами ученые нашей великой Родины завоюют новые высоты науки.

ГДЕ МОЖНО ПРИМЕНЯТЬ ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП

Где же можно применять электронный микроскоп?

В каких отраслях человеческого знания пользуются этим замечательным прибором? Какие научные и практические вопросы можно решить, имея в своих руках электронный микроскоп?

Область применения электронного микроскопа очень велика. Он необходим для медицинских и для биологических исследований. Без него трудно обойтись физикам при изучении мира молекул и атомов. Электронный микроскоп — незаменимый прибор для металлургов и химиков, текстильщиков и машиностроителей. Большую пользу он приносит также в пищевой промышленности и сельском хозяйстве. Электронный микроскоп помогает человеку проникать взором в самые сокровенные тайники природы и использовать полученные знания на благо человечества.

ПОМОЩНИК «ОХОТНИКОВ ЗА МИКРОБАМИ»

Когда-нибудь, через много лет, на земле наступит счастливое время. Все вредные микробы исчезнут с лица земли. Исчезнут они, конечно, не сами по себе — их уничтожит человек коммунистического общества, вооруженный знаниями.

Не будет болезней, от которых сейчас умирает много людей.

Люди будут доживать до глубокой старости. А может быть, и сама старость будет побеждена. Смерть отступит назад, и не будет больше преждевременных жертв, вызванных крохотными убийцами — микробами.

В разрешении этой благородной и важной задачи большую роль будет играть советский электронный микроскоп. Как мощный прожектор, он осветит невидимый мир врагов человека и поможет их уничтожить.

Война на этом фронте, как вы уже знаете, началась давно, с момента изобретения оптического микроскопа. Микроскопы со стеклянными линзами открыли перед человечеством мир вредоносных бактерий, помогли их изучить и найти средства борьбы с ними.

Но это было лишь началом борьбы. Самое сложное и трудное оказалось впереди. Кроме бактерий, открытых с помощью световых микроскопов, оказался еще целый мир более мелких «зверюшек», которые приносят неисчислимый вред человечеству, животным и растениям.

С помощью электронного микроскопа человек смог их увидеть, изучить и найти средства борьбы с этими зловредными существами.

ТАЙНА БРОНИРОВАННОГО ЧУДОВИЩА

Кто из нас не слыхал про страшный бич человечества — туберкулез? Медленно, но неуклонно убивает свою жертву возбудитель туберкулеза — палочка Коха. Лекарства, вводимые в организм больного, часто не оказывают никакого действия. Человек чахнет и умирает. Его легкие разрушаются страшными микробами туберкулеза.

В других случаях каверны в легких зарубцовываются, больной быстро выздоравливает и становится совершенно трудоспособным.

В чем же тут дело? Почему в одних случаях палочки Коха разрушают ткани легкого, а в других случаях сами исчезают, оставляя лишь небольшой рубец — след своего пребывания в легком больного?

Ученые давно предполагали, что туберкулезная бактерия одевается в довольно толстую, плотную оболочку. Эта оболочка, состоящая из вещества, называемого жировоском, как броня, предохраняет бактерию от действия лекарств и защитных сил организма. Однако подробности строения этой брони невозможно было рассмотреть в обычные (оптические) микроскопы.

Электронный микроскоп помог разгадать тайну бронированного чудовища, убивавшего ежегодно миллионы людей на земном шаре.

Теперь, когда ученые увидели подробности строения этой брони, они сумеют найти для нее подходящие снаряды.

Туберкулезная палочка, сеявшая смерть, теперь сама обречена на гибель. Пройдет немного времени, и бронированное чудовище навсегда исчезнет с лица земли.

Бактерия, покидающая оболочку. Увеличение — 19 000.

Оказалось, что не одна туберкулезная палочка имеет защитную оболочку. Многие другие бактерии оберегают себя от действия лекарств и защитных сил организма подобными же оболочками.

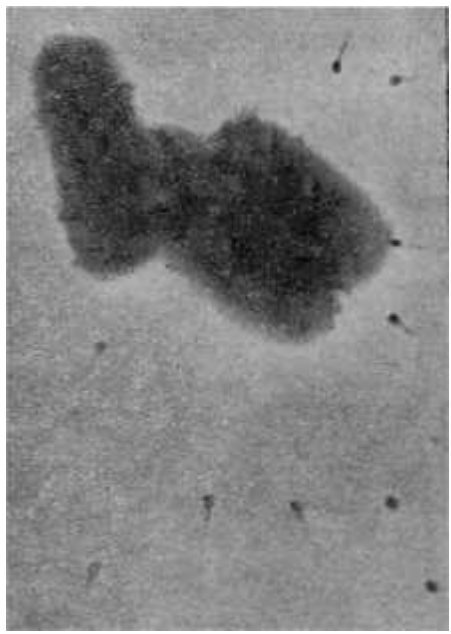
Обнаружить, что некоторые другие бактерии имеют оболочку, состоящую из слизистой массы (слизистая капсула), стало возможным только тогда, когда появился электронный микроскоп. С помощью электронного микроскопа были открыты жгутики у микробов, у которых их раньше не видели, обнаружены нитчатые формы микробов, недоступные прежде для изучения, и т. д. В электронный микроскоп удалось увидеть удивительное зрелище: бактерию, покидающую свою оболочку.

ПОЖИРАТЕЛИ МИКРОБОВ

Весной, как только появляются первые мухи, бывают вспышки весьма опасной болезни — дизентерии.

На своих лапках мухи переносят миллионы дизентерийных микробов. Стоит этим микробам попасть вместе с пищей в рот, как человек тяжело заболевает.

Кишечный канал больного дизентерией покрывается изнутри трудно заживающими язвами, резко повышается температура, возникают сильные боли и резь в животе. Больной очень мучается и в тяжелых случаях может умереть.



Нападение бактериофагов на бактерию дизентерии.

В оптический микроскоп удалось увидеть микроба — возбудителя дизентерии. Это была невзрачная на вид палочка ничтожных размеров. Но как с ней бороться, никто не знал. Пробовали всевозможные средства, но ни одно из них не давало быстрого и надежного результата. Только однажды блеснул луч надежды. Один из ученых-микробиологов, делая опыты с разведением микробов, случайно заметил, что иногда микробы в его стеклянных пробирках куда-то пропадают.

Вот еще вчера пробирка с питательной средой кишела ядовитыми микробами дизентерии, а сегодня она совершенно чиста от них.

Ученые терялись в догадках: куда могли исчезнуть микробы? Ведь не сами же себя они уничтожили! Еще ни разу не наблюдалось, чтобы микробы кончали жизнь самоубийством.

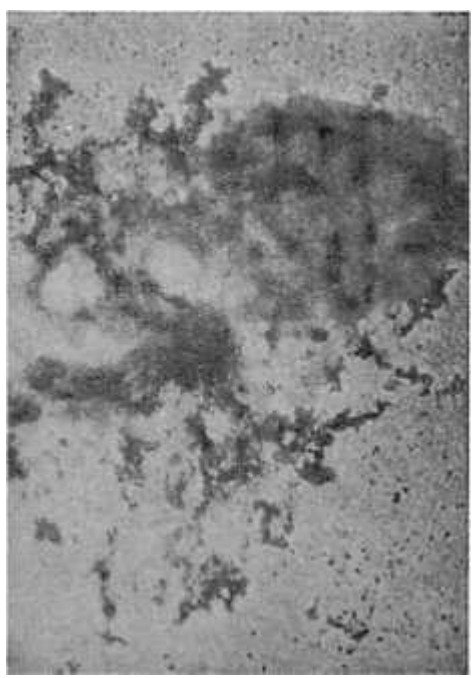
Но тогда где же они?

Было высказано предположение, что какое-то неизвестное вещество, попавшее в питательную среду, уничтожило микробов дизентерии. Это вещество, проглоченное дизентерийным больным, начисто уничтожало всех микробов, и больной быстро выздоравливал. Оно как бы пожирало микробов дизентерии, так быстро было его действие. Его и назвали бактериофагом, что по-русски означает «пожиратель бактерий».

Но что это было за вещество? Было ли это мертвое, неорганическое вещество сложного химического состава или это были живые существа, которые заглатывали и пожирали дизентерийного микроба?

В обычный, оптический микроскоп можно было прекрасно увидеть дизентерийного микроба, а бактериофаг, который его «проглатывал», был совершенно не виден.

Что же это за таинственный незнакомец? Почему его нельзя было увидеть в микроскоп? Ведь если бактериофаг проглатывал дизентерийного микроба, то сам он должен быть по размерам больше его!



Распадение бактерии дизентерии под действием бактериофагов через 30 минут.

Может быть, бактериофаг — это не живое существо, а какое-то сложное химическое соединение, убивающее дизентерийных микробов?

Но тогда почему же под микроскопом мы не видим трупов убитых микробов? Куда же исчезают тела микробов, если это вещество их только убивает?

На деле же выходило так, что стоило только в культуру живых дизентерийных микробов влить несколько капель жидкости бактериофага, как через короткое время под микроскопом не удавалось найти ни живого, ни мертвого микроба.

Многие ученые были твердо убеждены в том, что бактериофаги — это не какое-нибудь химическое вещество, а действительно приносящие пользу человеку живые организмы, пожирающие микробов.

Вероятно, бактериофаги как-то иначе питались микробами, не проглатывая их? Не видно же в оптический микроскоп их было, наверное, потому, что они были гораздо меньших размеров, чем сам дизентерийный микроб.

Ученые считали, что размер этих полезных для человека живых организмов приблизительно такой же, как и у фильтрующихся вирусов.

Электронный микроскоп подтвердил догадку ученых о природе бактериофага. В поле зрения электронного микроскопа пожиратели микробов выглядят совсем маленькими круглыми шариками, — с тоненькими хвостиками.

Хвостик, видимо, помогает бактериофагу передвигаться по направлению к вредоносному дизентерийному микробу. Длина хвостика бактериофага немногим больше 0,0001 миллиметра, а тельце его еще меньше.

По сравнению с бактериофагами дизентерийный микроб выглядит громадиной.

В поле зрения электронного микроскопа ясно видно, как яростно атакуют крошечные бактериофаги этого зловредного гиганта. Быстро устремляются к микробу их хвостатые тельца. Одни из них уже жадно впились в тело бактерии и проникли внутрь. Другие осаждают ее со всех сторон, как стая гончих псов обкладывает большого злого зверя.

Бактериофаги, проникнув внутрь тела микроба, быстро вызывают его распад. Есть предположение, что бактериофаги как бы растворяют тело микроба выделяемыми ими особыми веществами — ферментами.

Когда бактериофаги уничтожат всех дизентерийных

микробов, больной начинает поправляться, и вскоре наступает его полное выздоровление.

Электронный микроскоп будет применен для исследования многих других микробов и вирусов, вызывающих заболевания. Будут прослежены рост и развитие бактерий и вирусов. Исследователи своими глазами увидят, как питаются, размножаются и умирают бактерии. Только с помощью электронного микроскопа удастся точно изучить и внутреннее строение бактерий. Подробно будет изучено воздействие на микробы различных лекарственных средств и химических веществ.

Зная во всех подробностях строение и жизнь болезнетворных бактерий, ученым будет легче найти способы их быстрейшего уничтожения.

ДВАДЦАТЬ МИЛЛИОНОВ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ЖИЗНЕЙ

Некоторые ошибочно думают, что грипп — быстро проходящее и легкое заболевание. Но это не так. В 1919–1920 годах эпидемия гриппа (испанки) охватила весь мир. Она пронеслась по земному шару, как смертоносный смерч, и унесла в могилу около двадцати миллионов человеческих жизней.

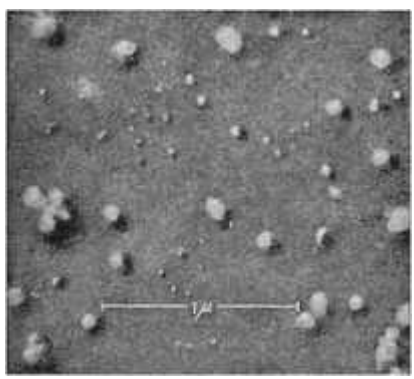
Это была тяжелая форма гриппа, вызванная чрезвычайно ядовитыми вирусами.

Изучение вирусов гриппа с помощью электронного микроскопа обнаружило, что они имеют форму круглых шариков.

Величина этих смертоносных шариков измерена в электронном микроскопе совершенно точно.

Диаметр шарика равен 77,6 миллимикрона, то-есть составляет 77,6 миллионной доли миллиметра.

На самом кончике острия швейной иголки может уместиться, тесно прижавшись друг к другу, около сотни таких шариков.



Вирус гриппа в электронном микроскопе (белая линия — масштаб одного микрона).

И эти ничтожные по размерам шарики унесли в могилу только за два года 20 миллионов человек.

В ослабленной форме вирусы гриппа и сейчас носятся по всему земному шару, вызывая время от времени эпидемии.

Если сейчас меньше умирают от гриппа и его осложнений, то это только потому, что наука научилась с ним бороться.

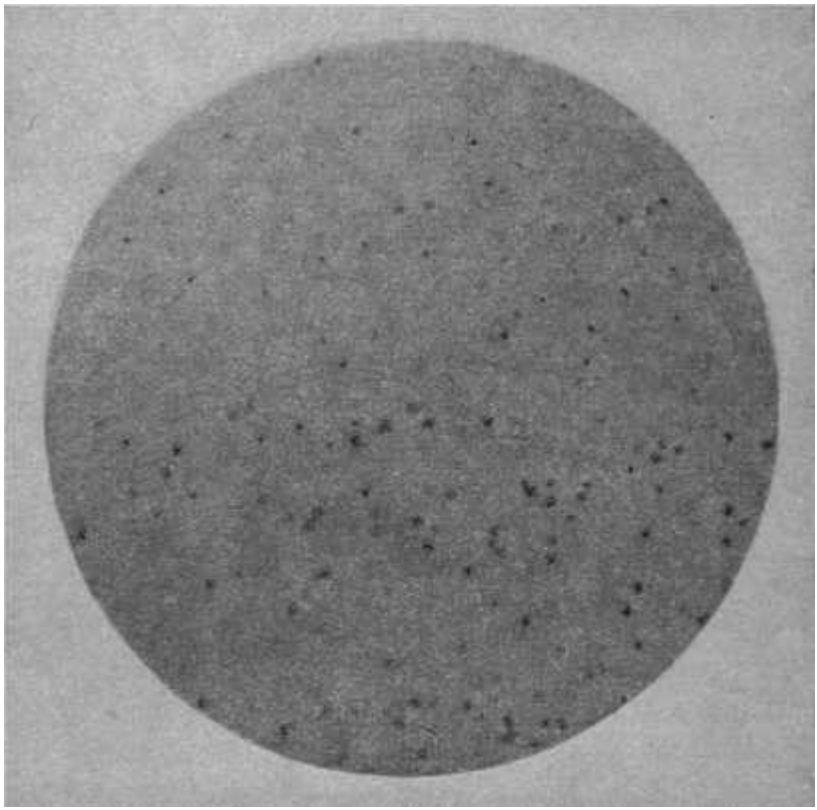
Ожесточенная борьба с вирусом гриппа не прекращается ни на одну минуту. Ученые-вирусологи изобретают всё новые и новые снаряды для «стрельбы» по зловредным шарикам гриппа, и

скоро он будет окончательно побежден.

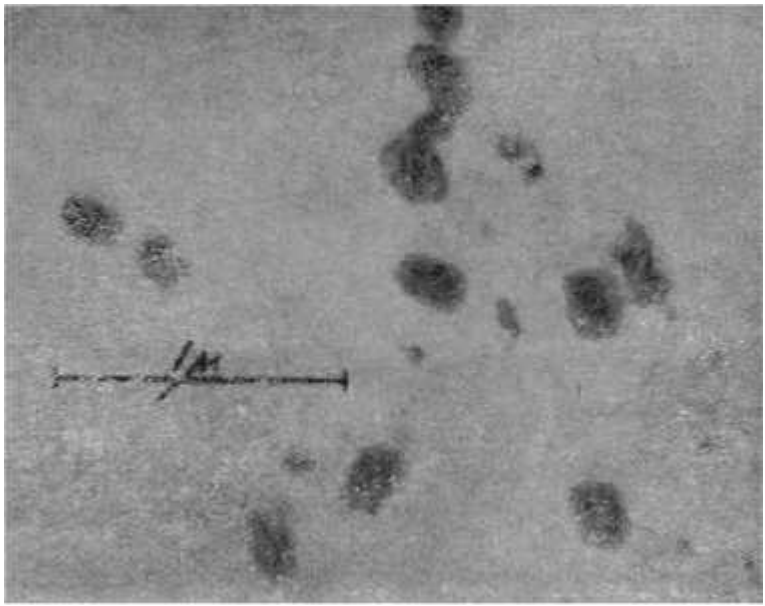
И в этом ученым окажет огромную помощь их сверхзоркий помощник — электронный микроскоп.

МЕЛЬЧАЙШИЕ ИЗ МАЛЫХ

Исследование вирусов в электронном микроскопе уже позволило установить их истинные формы и размеры. Оказалось, например, что вирусы отвратительной болезни — оспы, превращающей красивое молодое лицо в рябое, — вовсе не круглые, как они выглядели в оптическом микроскопе.



Элементарные тельца оспы в оптическом микроскопе.



Элементарные тельца оспы в электронном микроскопе.

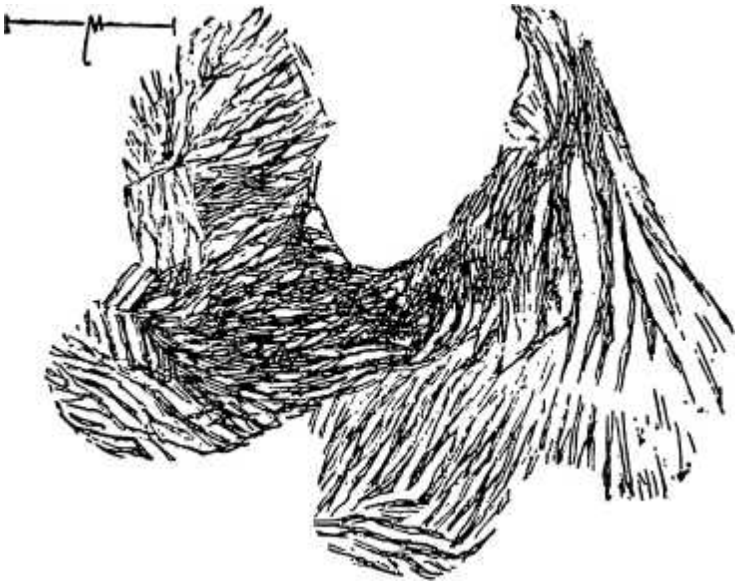
Эти зловредные создания — многоугольной формы, слегка вытянутые в длину. Зная истинную форму и размеры вирусов, их стали легче обнаруживать.

Вирус, поражающий кур и других домашних птиц, оказался похожим на бактериофагов.

У некоторых бактериофагов на кончике хвостика находится небольшой нарост, по форме напоминающий пуговицу. По этому признаку их легко отличать от других микроорганизмов.

Некоторые вирусы в поле зрения электронного микроскопа оказались палочкообразными. Например, вирус мозаики табака, который был открыт знаменитым русским ученым Д. О. Ивановским и которого ему так и не удалось увидеть, имеет форму палочек. Длина этих палочек оказалась около 0,0003 миллиметра, а толщина — в двадцать пять раз меньше.

Неудивительно, что в оптический микроскоп их не видели и узнали о существовании этих вирусов только благодаря гениальной прозорливости русского ученого.



Вирусы мозаичной болезни табака. Увеличение — 20 000.

Вирусные болезни наносят большой ущерб сельскому хозяйству. Вот обширное картофельное поле. По ботве картофеля видно, что он болен. Листья скручены, морщинисты. С клубнями творится тоже что-то неладное, и многие из них уже гниют.

По соседству другое поле. Оно густо засеяно сахарной свеклой. И тут неблагополучно с ботвой. Листья у нее какие-то пестрые: зеленые, с желтоватыми пятнами. Пятна эти без зеленых зернышек (хлорофилла). Без хлорофилла растение не может правильно дышать и перерабатывать пищу, получаемую из воздуха. Это мешает свекле расти и заготовлять сахар.

Мозаичная болезнь наблюдается не только у табака, но и у хлопчатника, яблони, груши, малины, смородины, винограда.

Электронный микроскоп помогает ученым распознавать эти болезни. Изучая воздействие различных химических веществ на вирусы, ученые, вооруженные электронным микроскопом, находят средства борьбы со многими страшными болезнями, вызываемыми вирусами.

Когда стала известна величина вирусов, ученые начали сомневаться: живые они или нет.

Существа это или вещества?

Некоторые из вирусов настолько незначительны по своим размерам, что непонятно, как такие крохотные существа могут жить: питаться и размножаться.

Например, вирус болезни, носящей название «ящур», или вирус, вызывающий у червяка шелкопряда болезнь желтуху, едва-едва достигает величины 10 миллимикрон, то-есть 0,00001

миллиметра.

Это совсем ничтожный размер.

Вот у ученых и возникли сомнения: может ли частица столь незначительной величины, всего лишь в 2–3 раза больше размеров белковой молекулы, быть живой, то-есть дышать, двигаться, питаться и размножаться? Или же это не живое существо, а какое-то органическое вещество, из которого могут образоваться бактерии?

И за и против того, что вирусы живые существа, а не мертвые вещества, было приведено много доказательств. Но только после длительного изучения удалось установить, что наиболее крупные вирусы, подобные возбудителю оспы, являются все-таки живыми организмами. Было обнаружено, что эти вирусы размножаются в организме больного и их химический состав сходен с составом других живых бактерий.

Иначе обстоит дело с другими мельчайшими вирусами, особенно с вирусами растений. Из пораженных мозаикой листьев табака было выделено белковое вещество, обладающее некоторыми свойствами кристаллов. Это вещество — нуклеопротеид — можно много раз растворять и кристаллизовать. Растворенные в воде кристаллы нуклеопротеида заражали здоровые растения.

Оказалось, что многие вирусы растений и некоторые вирусы, поражающие животных, также являются нуклеопротеидами.

Большинство ученых считают, что эти вирусы не живые существа, а вещества. Если это и так, то вещества эти совсем особые, и они не были известны раньше.

Однако если эти вещества ввести в живой организм растений или животных, то там они как бы размножаются. Их становится все больше и больше.

Вирусные нуклеопротеиды — это особая форма организованной материи, изучение которой подводит нас к границе живого и неживого.

В этом-то и кроется не разгаданная пока еще тайна природы — тайна сущности жизни.

Электронный микроскоп поможет разгадать таинственную сущность вирусов. Советские ученые уже работают над этой проблемой.

ВЕЛИКАЯ ТАЙНА БЫТИЯ

Что такое человеческая мысль?

Что значит слово «думать»? Какие физико-химические процессы происходят в мозгу человека, когда он думает?

Часто мы говорим, что человек «потерял сознание». Но что значит «потерять» сознание? Что такое сознание?

Все эти вопросы настолько сложны, что точно ответить на них наука пока не может.

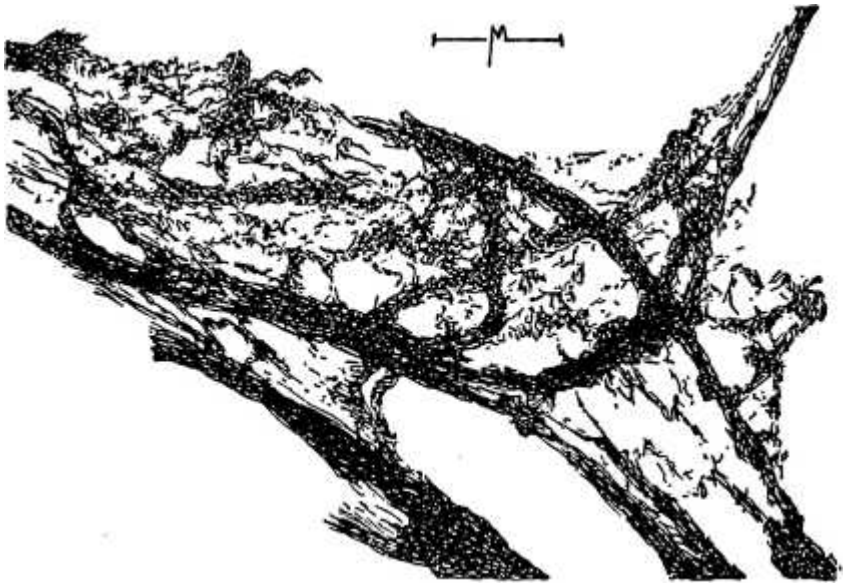
Мы знаем, что на свете существует только материя и что все психические процессы, в том числе и мышление, носят материальный характер. Ученые уже давно заметили связь между повреждениями головного мозга и психическими заболеваниями. Но как же проникнуть в существо этих сложных процессов, как понять и изучить те таинственные проявления человеческой жизни, которые связаны с мышлением?

Рассматривая под обычным микроскопом тончайшие срезы с головного мозга умерших и изучая строение нервной ткани, можно составить лишь приблизительное представление о том, что происходит в мозгу человека, когда он думает.

Но, построив гипотезу на основе микроскопического изучения, ученые вдруг сталкивались с новыми явлениями. При изучении их приходилось отказываться от первоначальных понятий и делать другие предположения о существе процессов, происходящих в мозговой коре и в подкорковых нервных центрах.

Через оптический микроскоп в нервных клетках мозга видны какие-то тельца, зернышки, ядра, но что они из себя представляют, что находится ***у*** них внутри, разглядеть невозможно, так ничтожно они малы.

Только электронный микроскоп может дать возможность ученым рассмотреть и изучить во всех подробностях тончайшее строение нервной системы. Через электронный микроскоп видны такие детали, которые совершенно невидимы ни простым глазом, ни в самый лучший оптический микроскоп.



Срез мозговых оболочек и костей черепа эмбриона человека. Увеличение — 15 600.

Электронный микроскоп помогает ученым, исследующим строение и деятельность мозга, полнее изучить процессы, происходящие в центральной нервной системе.

Конечно, и электронный микроскоп не дает полного объяснения физиологических и психических процессов, происходящих в головном мозгу человека. Но он приближает исследователей к познанию самых сложных тайн природы, самого высшего, что ею создано, — человеческого мозга.

СМЕРТОНОСНЫЕ ИГОЛКИ

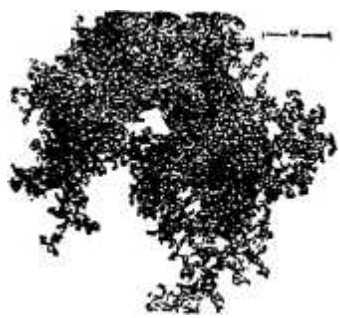
На некоторых специальных производствах рабочие заболевали от неизвестных, совершенно непонятных причин. Чистое, светлое помещение, усиленное питание, часовой отдых в течение рабочего дня — кажется, чего еще желать лучшего? Откуда взяться болезни? И все-таки нет- нет, да и заболеет то один, то другой рабочий.

И болезнь какая-то странная, не такая, как все другие заболевания. Человек бледнеет, худеет, кашляет кровью. Рентген и другие анализы ничего не показывают. Туберкулеза нет и в помине. В чем же тут дело?

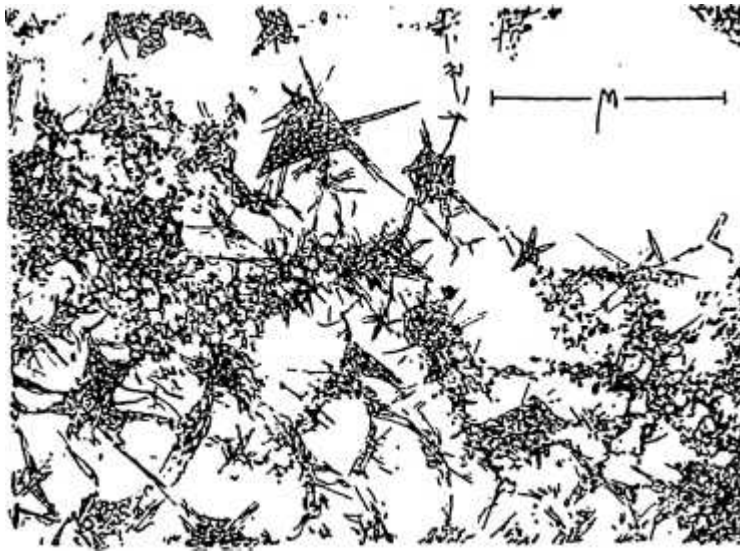
Оказалось, что эта странная болезнь вызывается не каким-нибудь зловредным микробом, а небольшим количеством дыма, мельчайшей пылью металлических окислов или минеральными примесями, которые не видны даже в самые сильные оптические микроскопы.

Только в электронном микроскопе удалось увидеть эти вещества и попять, почему они вредно влияют на здоровье рабочих.

Дым этот — неуловимый, почти невесомый продукт сгорания, который можно развеять одним дыханием — в поле зрения электронного микроскопа выглядит очень красиво.



Частица дыма окиси магния. Увеличение — 11 000.



Частица дыма окиси цинка. Увеличение — 20 000.

На экране возникают фантастические картины — какие-то дикие заросли, сплетения частиц.

Путешествуя по частицам дыма, мы каждую минуту видим что-нибудь загадочное и интересное. Открываются всё новые и новые картины, одна другой красивее.

И оказалось, что этот красивый дым несет с собой гибель вдыхающим его людям.

Дым окиси магния, как это показал электронный микроскоп, состоит из мельчайших кубических кристалликов, а дым окиси цинка — из игольчатых.

Толщина иголочек дыма окиси цинка необычайно мала. В поле зрения электронного микроскопа попадаются иголочки толщиной всего лишь в 0,000002 миллиметра. Рабочие вдыхают дым, состоящий из таких иголочек. Острые иголочки, по-видимому, ранят нежную ткань легких, попадают в капилляры, в кровеносные сосуды. И вот в результате этого человек заболевает. Только электронный микроскоп позволил проникнуть в тайну этого тяжелого профессионального заболевания.

Узнав причину болезни, люди научились бороться с нею. Из помещений, где находятся рабочие, особыми вытяжными устройствами дочиста удаляют невидимые в обычный микроскоп иголочки дыма окиси цинка и другие ничтожные по своим размерам, но крайне вредные для здоровья вещества.

ТАЙНА КАТАЛИЗАТОРОВ

В химии часто применяются особые вещества, влияющие на скорость химических реакций. Эти вещества называются катализаторами.

При различных химических реакциях катализаторы приносят большую пользу.

Сами по себе катализаторы не соединяются ни с одним из химических веществ, участвующих в реакции и остаются неизмененными.

Одним из таких интересных катализаторов является губчатая платина.

Если маленький кусочек губчатой платины поместить в смесь паров древесного спирта с воздухом, то спирт вспыхивает, как будто его подожгли спичкой.

Губчатая платина как катализатор часто применяется также в производстве серной кислоты.

Смесь двух газов — кислорода и водорода — при комнатной температуре устойчива. Эти вещества не вступают в химическую реакцию друг с другом. Но если в эту смесь газов ввести миниатюрный кусочек платиновой черни (катализатор), то произойдет бурная химическая реакция соединения кислорода с водородом. Реакция сопровождается сильным взрывом. Кусочек платиновой черни при этом ничуть не изменяется. Он остается таким же, как и был до взрыва.

Поверхность катализатора.

Попробуйте зажечь кусочек сахара спичкой. Сахар обуглится,

оплавится, но гореть не будет. Ему не хватает катализатора. Но стоит вам посыпать этот же кусочек сахара катализатором — табачным пеплом, как сахар запылает ярким голубоватым пламенем.

Катализаторы очень распространены в технике и в живой природе. Многие жизненные процессы в организмах человека, животных и растений зависят от действия катализаторов. Катализаторы — очень интересные, но и крайне загадочные вещества.

Что же это за вещества? Почему катализаторы ускоряют ход химических реакций? Какие процессы происходят при взаимодействии катализаторов с химическими веществами?

Долгие годы химики мечтали о том, чтобы познать тайну катализаторов. Они хотели разглядеть их во всех подробностях.

Ученые догадывались, что на поверхности катализаторов находятся какие-то кристаллики, которые и ускоряют ход химических реакций. Но как рассмотреть эти ничтожные по своим размерам кристаллы, как изучить строение поверхности катализаторов? Сколько ни бились химики, пытаясь разглядывать эти странные вещества в обычные, оптические микроскопы, они не могли увидеть подробностей их строения.

Ведь размеры этих кристалликов меньше, чем длина световых волн.

В оптические микроскопы при самом сильном увеличении были видны только какие-то серые, мутные, расплывающиеся пятна.

Казалось, что никогда не удастся увидеть строение поверхности катализаторов.

Но электронный микроскоп разрешил и эту казавшуюся ранее совершенно неразрешимой задачу.

Советским ученым удалось в электронный микроскоп увидеть кристаллики на поверхности катализаторов. Они не только увидели эти кристаллики, но и проследили за тем, как они образуются и растут.

Устанавливая законы роста, взаимного расположения кристаллов, изучая, как влияет на них различная температура и давление, как сказывается на них присутствие других химических веществ, можно сознательно, а не ощупью, как раньше, создавать все новые и новые виды катализаторов.

Ведь главное — это понять принцип действия и детали строения, а поняв, можно разработать новые, еще более мощные, более надежные и дешевые виды катализаторов, имеющих столь большое значение в химической промышленности.

ЗАГАДКА КОЛЛОИДОВ

В обычных растворах, например кристаллов соли или сахара, кристаллы полностью смешиваются с молекулами воды.

Но, кроме обычных, существует другой тип растворов, называемых коллоидными растворами.

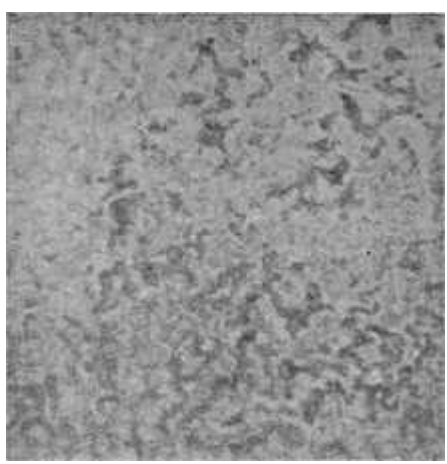
В этих растворах частички вещества гораздо более крупные и состоят из большого числа связанных между собой молекул. Поверхность этих частичек отделена от молекул жидкости, в которой они плавают или, как говорят, взвешены.

Частички имеют способность укрупняться, присоединяя другие, соседние с ними частицы. Когда частицы укрупнятся, они выпадают на дна в виде осадка (коагулируются).

Все мы видели студень из свиных или бараньих костей, столярный клей, желатин и другие подобные полутвердые вещества. Это коллоиды, твердые частички, взвешенные в жидкости.

Коллоиды обладают замечательными свойствами, и изучением их занимается целая отрасль науки — коллоидная химия.

Коллоидная химия — это новая, интересная и очень важная отрасль науки. Она широко применяется почти во всех отраслях промышленности и в сельском хозяйстве.



Изображение коллоидов в электронном микроскопе.

Очень многие вещества способны образовывать коллоидные растворы. Различные эмульсии, краски, лаки, сажа, органические соединения многих металлов дают коллоидные растворы. Железо, марганец, алюминий часто встречаются в природе в виде

коллоидных растворов. Органические вещества почвы на 40 процентов состоят из коллоидов.

Для решения многих вопросов, интересующих биологию, геологию, промышленность и сельское хозяйство, необходимо видеть своими глазами коллоиды, эти мельчайшие частицы материи. Очень важно знать не только размеры коллоидных частиц, но и их форму и взаимное расположение.

Свойства коллоидов зависят не только от состава входящих в них элементов, но и от других причин.

Далеко не все равно, будут ли частички вещества в виде шариков или пластинок, ромбовидных или игольчатых длинных кристаллов.

Для свойств вещества небезразлично, как связаны между собой эти мельчайшие, невидимые в обычный оптический микроскоп частицы.

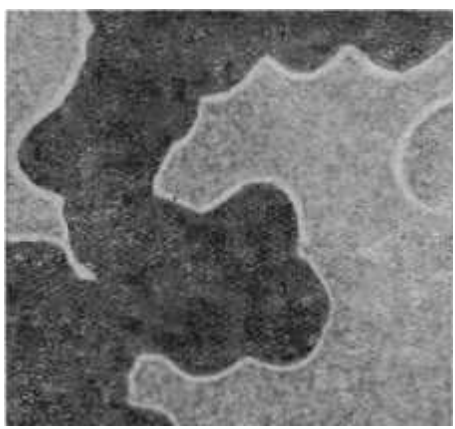
Коллоидные частицы (мицеллы) нельзя разглядеть в самый лучший оптический микроскоп, так они ничтожно малы. Делу может помочь только электронный микроскоп.

ПРОЧНАЯ ЭЛАСТИЧНАЯ РЕЗИНА

Проведите слегка пальцем по внутренней поверхности печной или самоварной трубы. Палец запачкается. Он станет черным от сажи. Для работы печи сажа вредна. Она засоряет отверстия труб, дым проходит плохо, тяга уменьшается. Иногда сажа загорается, вызывая пожары.

Кажется, ничего интересного в саже нет. Но это только так кажется. На самом деле сажа — чрезвычайно ценный продукт для резиновой промышленности. Она входит в состав как натуральной, так и искусственной (синтетической) резины.

Прочность многих резиновых изделий и их долговечность зависят от этого невзрачного продукта — сажи.



Тонкая сажа.

Размер отдельных мельчайших частичек сажи и их взаимная связь сильно влияют на механическую прочность и износ резиновых изделий.

Но частицы сажи настолько малы по своим размерам, что разглядеть подробности их строения в обычный оптический микроскоп невозможно.

Не зная размеров частиц сажи, получают резину самого различного качества, а потом удивляются: почему полученная резина малоэластична и рвется, вместо того чтобы растягиваться? Делали ее всегда одним и тем же методом, но в одной партии получается хорошая резина, а в другой — брак. Одни и те же порции составных частей резины, одни и те же температура и длительность нагрева, того же качества каучук, словом все то же самое, а качество резины разное!

В чем тут дело?

Почему так получается?

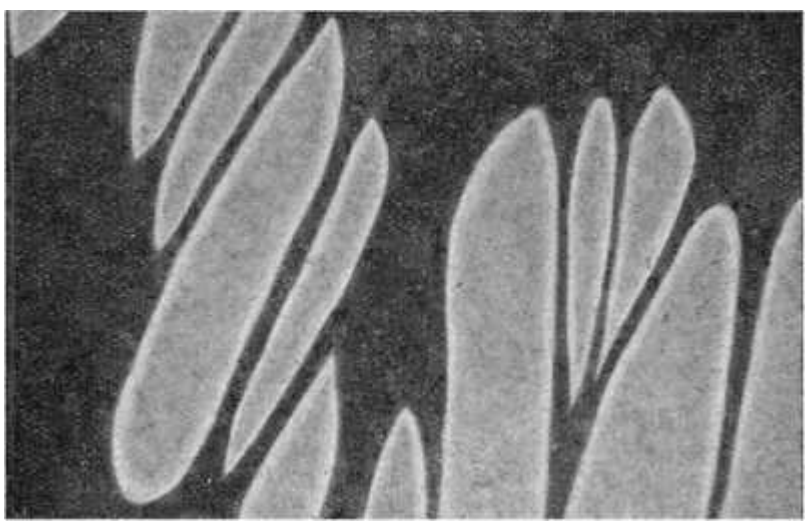
Оказывается, причину надо искать в размерах частиц сажи и в их взаимном расположении.

Но как же определить размер этих еле видимых в оптический микроскоп частиц?

Тут-то и приходит на помощь электронный микроскоп. Он не только определяет размер и взаимное расположение частиц сажи, но и их внутреннее строение.

Электронный микроскоп не ошибется. Он своевременно уловит несоответствие сажи предъявляемым к ней требованиям и совершенно точно определит причины брака резины. Брак будет своевременно обнаружен, а партия недоброкачественной сажи будет изъята и заменена другой.

Внутреннее строение (структуру) самого каучука, резины и пластмасс также изучают в электронном микроскопе, изготовляя из них очень тонкие пленки.



Структура каучука в электронном микроскопе.

Электронный микроскоп, проникая в глубину строения веществ, помогает находить правильные способы обработки и получать высокое качество продукции.

Резиновая обувь, купленная вами в магазине, будет служить долго, и рваные калоши станут редкостью. Приготовленные из материалов высокого качества, ваши калоши долго будут выглядеть, как новые.

СЕКРЕТ КРАСКИ

Краски имеют большое значение в технике, производстве и быту. Почти все вещи, окружающие нас, покрыты слоем краски. Стены, пол, мебель в комнате, предметы, стоящие на вашем письменном столе, кровать — все это выкрашено в ту или иную краску. Железнодорожные и трамвайные вагоны, автобусы, крыши жилых домов и многое другое, что нам попадается на каждом шагу, покрыто краской. Она придает предметам красивый, изящный вид и имеет большое практическое значение — предохраняет многие изделия от разрушающего действия водяных паров, воздуха и температурных колебаний. Во влажном воздухе не так быстро гниет дерево, покрытое тонким слоем краски, не окисляются металлы.

Прочность защитных покрытий во многом зависит от внутреннего строения частиц краски. Иной раз выкрасишь какую-нибудь вещь, смотришь — а через короткое время краска уже потрескалась, покоробилась, шелушится, отваливается.

Изделие стало некрасивым, каким-то рябым, и, что самое главное, нарушился его защитный покров.

Другая же краска, наоборот, очень стойкая и держится годами почти без изменения.

Или взять, например, краску для материи. Одна краска быстро линяет при первой же стирке, а на другую не действуют ни высокая температура воды и пара, ни дождь, ни снег.

В чем же тут дело?

Почему одна краска хороша, а другая, и по химическому составу и по внешнему виду совершенно такая же, на деле никуда не годится?

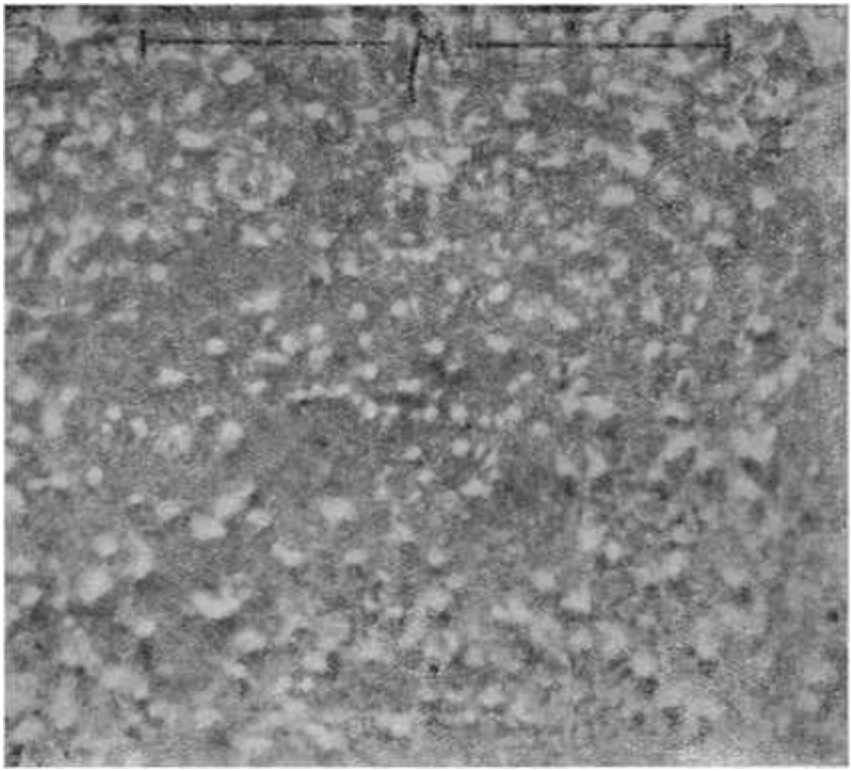
Дело в структуре (внутреннем строении) краски.

Защитные свойства краски, ее прочность и устойчивость зависят от размеров отдельных частичек, от их формы (круглой, кубической, ромбовидной, игольчатой) и взаимного расположения.

Изучение этой тонкой структуры можно осуществить, только пользуясь электронным микроскопом.

Существует краситель, который называется гемоцианином.

Только в электронный микроскоп можно увидеть отдельные молекулы этой краски.



Молекулы гемоцианина. Увеличение — 45 000.

На микрофотографии они выглядят, как маленькие шарики, и настолько малы, что на протяжении одного микрона можно уместить более тридцати молекул гемоцианина.

По величине, форме и взаимному расположению молекул можно судить о качестве этого красителя. Никакие другие приборы, кроме электронного микроскопа, не дают возможности рассмотреть молекулы гемоцианина.

СЕРЕБРЯНАЯ ЭМУЛЬСИЯ

Фотографические карточки бывают разные. Одни ясные, четкие, другие туманные, тусклые. На одни карточки приятно посмотреть. Смотришь — и не можешь налюбоваться каким-нибудь портретом или пейзажем. А на другие и смотреть не хочется: какие-то неясные фигуры, трудно различимые очертания лица, непонятные предметы.

Часто это объясняется плохим качеством светочувствительной эмульсии, нанесенной на фотопластинку или на фотобумагу.

Эмульсия, нанесенная тонким слоем на пластинку, на первый взгляд кажется сплошной. На самом же деле она состоит из отдельных зернышек сложного химического соединения. Чем крупнее зернышки, тем хуже получается изображение. И наоборот: чем тоньше, мельче фотографическая эмульсия, тем качество фотопластинок выше.

Электронный микроскоп позволяет детально изучить строение фотографических эмульсий и процессы, происходящие при фотографировании. Это помогает получать снимки высокого качества.

Теперь, услышав предупредительный возглас фотографа: «Спокойно — снимаю», вы действительно можете быть спокойны за качество фотоснимка.

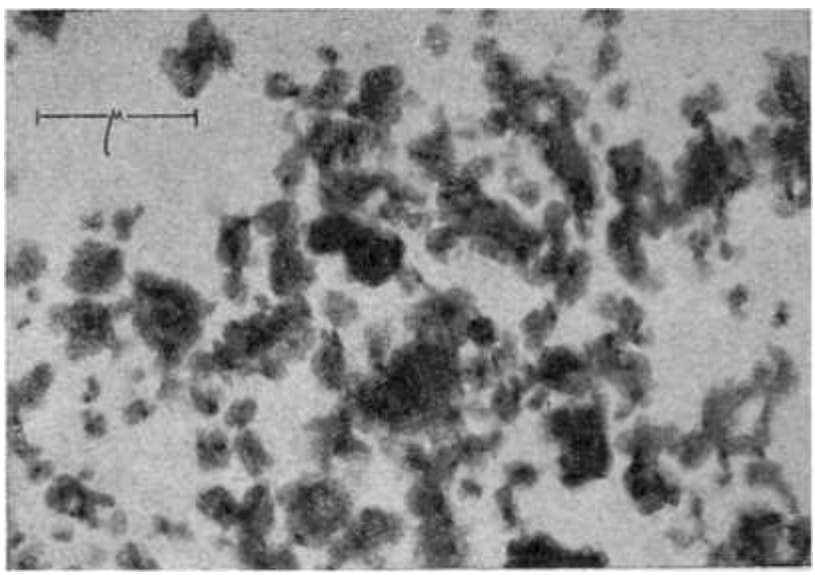
Высокое качество фотоснимков особенно важно при съемке местности с самолетов и в других ответственных работах.

ШЕСТИГРАННЫЕ КРИСТАЛЛИКИ

Глина — прекрасный строительный материал. Из нее делают кирпичи для постройки жилых домов, заводов и фабрик. Из глины также делают посуду: горшки, тарелки, миски, чашки и многое другое. Одним словом, глина применяется в самых разнообразных отраслях техники.

Электронный микроскоп с успехом используется для исследования тонкого строения глины. Пользуясь этим прибором, исследователи увидели, например, что глинистый минерал каолинит состоит из очень тонких шестигранных кристалликов, прозрачных для электронных лучей.

Знание тонкого строения глинистых минералов дало возможность правильно их обрабатывать: были подобраны подходящие давление при прессовании и температура обжига.



Каолинит. Увеличение —17 000.

Из глины стали получать материалы более высокого качества при меньшей затрате технических и денежных средств.

Это стало возможным только потому, что советским ученым с помощью электронного микроскопа удалось проникнуть взором в глубь вещества.

С таким же успехом, как глины, исследуют другой важный строительный материал — цемент.

От величины и формы частиц цемента, а также от их взаимного расположения зависит прочность зданий, мостов,

плотин и многих других железобетонных сооружений.

АЛМАЗНЫЙ РЕЗЕЦ

Электронный микроскоп также широко применяется для исследования стекла и фарфора.

Прочность и электрическая устойчивость фарфоровых высоковольтных изоляторов зависят от состава отдельных мельчайших частиц фарфора, от их формы и взаимного расположения. Многие другие изделия из стекла и фарфора исследуют с помощью электронного микроскопа.

Особенно большое значение имеет точная обработка всевозможных лабораторных физических приборов.

Для получения необходимой точности стекло шлифуют и полируют. Но как и чем лучше шлифовать и полировать стекло, чтобы на нем не получилось ни единой, даже самой незначительной царапинки? Какой состав порошков (абразивов) нужно выбирать для обработки стекла того или иного сорта? С какой скоростью лучше всего полировать стекло? Нужно ли это делать очень медленно или, наоборот, быстро?

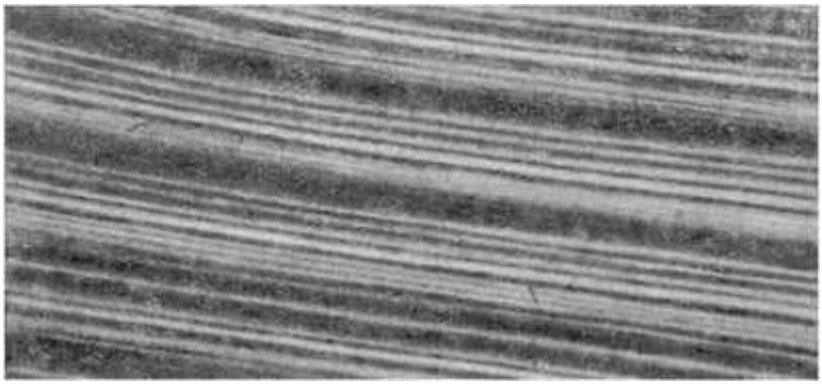
На все эти вопросы дает ответ электронный микроскоп. Он позволяет с большой точностью определить, как и чем лучше обрабатывать стеклянные изделия, предназначенные для сложных установок.

Одним из таких важных стеклянных изделий является так называемая дифракционная решетка. Это физический прибор, употребляемый во многих научных лабораториях для спектрального анализа.

По виду дифракционная решетка очень проста и незамысловата. Это стеклянная круглая или прямоугольная пластинка, укрепленная в лабораторном штативе (подставке).

Но это не обычная пластинка. Если внимательно вглядеться в нее, то можно заметить, что она вся испещрена тончайшими очень ровными линиями — штрихами.

Штрихи наносятся на очень точных делительных машинах. На один миллиметр поверхности дифракционной решетки приходится от 1000 до 1500 линий. Можно себе представить, какая это топкая работа!



Микрофотография дифракционной решетки.

Расстояние между каждой линией менее тысячной доли миллиметра. Эти тончайшие линии наносятся на стекло посредством алмазных резцов.

Но как проверить, правильно ли нанесены линии алмазным резцом на стекло, достаточно ли точно выбран угол, под которым наносятся штрихи?

Электронный микроскоп позволяет дать ответ и на этот вопрос. Фотоснимки дифракционной решетки при увеличении в 10 тысяч раз и более помогают определить правильность и точность нанесения штрихов на стекло. На фотоснимке отчетливо вырисовываются следы работы алмазного резца. Если края линий получаются неровными или угол между ними выдержан неточно, электронный микроскоп укажет на это. Работники, изготовляющие дифракционные решетки, немедленно устранят дефекты.

Пользуясь электронным микроскопом, можно получать изделия исключительно высокого качества.

СЕРЕБРЯНЫЕ ОСТРОВКИ

Весьма полезным оказывается электронный микроскоп при изучении тонких металлических слоев, получаемых испарением в вакууме или катодным распылением.

При изготовлении фотоэлементов, этих чудесных электрических глаз, тончайший слой цезия или другого светочувствительного металла наносится на серебряную подкладку внутри стеклянной колбочки.

От правильного распределения этих тончайших слоев металла на поверхности стеклянной колбочки и от их структуры зависят физические свойства пленок и их долговечность.

На первый взгляд тонкий слой серебра, испаренного в вакууме, кажется сплошным и равномерно распределенным. Но электронный микроскоп нам показывает, что этот слой не сплошной и серебро лежит мельчайшими кусочками, расположенными в виде отдельных островков. Добиваясь измельчения этих кусочков металла, получают более равномерную пленку. Чем равномернее слой металла, из которого сделана пленка, тем он лучше в работе.

Быстро мчится товарный поезд, разрезая стальной грудью воздух. Ночь. Ритмично постукивают колеса вагонов на стыках рельсов. Все спокойно и тихо. Поездная бригада и не подозревает о грозной опасности, нависшей над железнодорожным составом.

Но вот большая станция. Осмотрщики с фонарями в руках проверяют исправность вагонов. Они простукивают колеса и оси вагонов, заглядывают в буксы. Их чуткий слух улавливает малейшую неисправность.

Вот уже проверено несколько вагонов. Еще немного — и поезду будет разрешено следовать дальше. Но что это? У одного вагона осмотрщики задержались. Оказалось, что лопнула шейка оси.

Не прояви осмотрщики достаточной бдительности, крушение поезда было бы неминуемо. Погибли бы, быть может, человеческие жизни и тысячи тонн ценных грузов.

Почему же лопнула ось? Этому виной был микроскопический мир кристаллов металла, из которого она была изготовлена. Правда, такие случаи редки. Но чтобы их не было совсем, необходимо тщательное изучение мельчайшего мира кристаллов, детально рассмотреть который мы можем кроме других методов, пользуясь и электронным микроскопом.

Перед нами гладкая поверхность кусочка металла, неподвижная плоскость. Этот металл будет использован для

изготовления ответственного сооружения. Он должен быть прочен и способен противостоять разрушительной силе времени. Его нужно всесторонне исследовать.

Может быть, он не годится для изготовления важного сооружения и его лучше использовать в других, менее ответственных случаях?

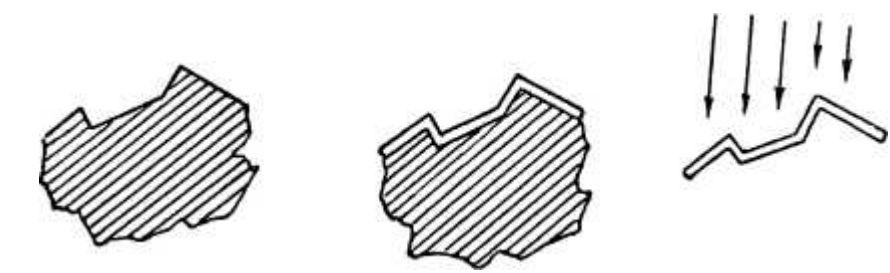
Построят из такого металла железнодорожный мост, он постоит некоторое время, а потом рухнет! Нельзя пускать металл в работу, предварительно всесторонне его не исследовав.

Но как же испытать в электронном микроскопе этот кусок металла? Ведь для электронных лучей он непрозрачен. Можно вырезать из него тончайшую пластинку, но и она будет непроницаема для электронных лучей. Вначале казалось, что изучение под электронным микроскопом металлов — задача неразрешимая.

Физики и химики обошли это затруднение. Они накладывают на кусочек металла тонкую пленку прозрачного лака. Лак высыхает, и его пленка плотно прилипает к металлу. Образовавшуюся пленку осторожно снимают.

Для этого образец металла погружают в воду, где от него пленка лака легко отделяется. На стороне пленки, обращенной к металлу, запечатлеваются все тончайшие детали строения его поверхности.

Пленка — это слепок. Это крошечная маска, снятая с «лица» металла. В электронном микроскопе мы видим точное отображение поверхности металла.



Получение слепков. Слева — поверхность металла, в центре — поверхность с репликой, справа — снятая реплика.

Человеческому воображению трудно на первых порах представить, как мельчайшие частицы какого-либо металла, абсолютно невидимые, вдруг появляются в поле нашего зрения. Перед нашими глазами возникает дикий и живописный мир: глыбы, утесы, пропасти, снеговые вершины, извилистые трещины. Вот что видно на помещенной в микроскоп тончайшей пленке лака.

Электронный микроскоп рассказывает исследователю, насколько пригоден металл для постройки и что нужно с ним сделать, чтобы он был прочнее, крепче.

Может быть, прежде чем из этого металла изготовлять ответственные детали, его нужно дополнительно обработать: нагреть до определенной температуры, охладить с той или иной скоростью, вторично пропустить через прокатный стан и так далее.

У электронного микроскопа свой язык, который знают только люди, с ним работающие. Для остальных, непосвященных, этот язык непонятен. Исследователю же совершенно ясно, что означает вон та точка, вот эта трещинка или искрящийся в электронных лучах излом крошечного кусочка металла. Он один умеет разговаривать с электронным микроскопом на его языке.

Изучение металлов под электронным микроскопом дает возможность по-новому определять их строение, вскрывать секреты стойкости против окисления (коррозии) и многое другое.

В мир бесконечно малых величин вводит человека электронный микроскоп. Этот исключительный по своей сложности и тонкости аппарат открывает перед советской наукой широчайшие перспективы в области дальнейшего исследования тайн природы.

ПОЖИРАТЕЛЬ ЖЕЛЕЗА

Когда смотришь на железо, покрытое ржавчиной, становится грустно. Стоит ли в поле железная мачта высоковольтной линии электропередачи, с которой уже давно сошел защитный слой окраски, валяется ли во дворе завода машина, изъеденная ржавчиной, невольно думаешь, во что это обходится государству.

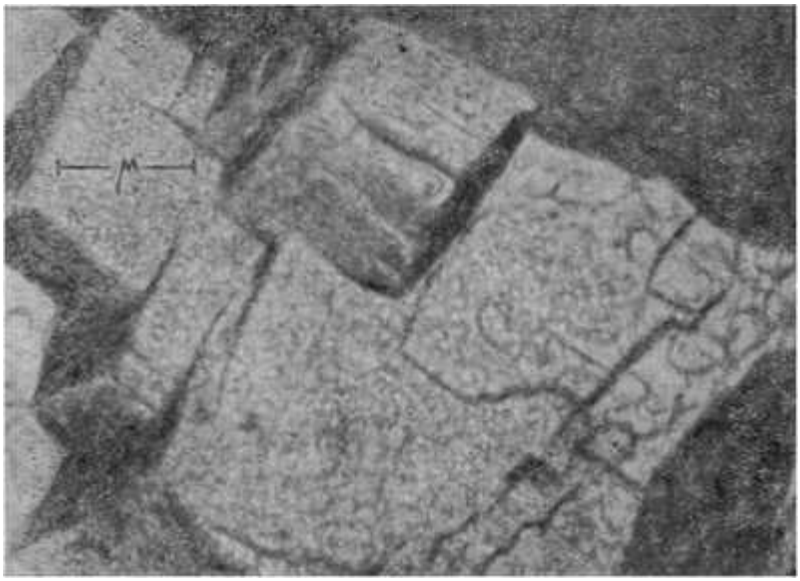
На всем земном шаре ржавчина, это стойкое химическое соединение железа с кислородом, «съедает» ежегодно миллионы тонн чистого металла. Добытое с колоссальным трудом в недрах земли и обработанное железо гибнет буквально на глазах.

Возьмите другой металл — алюминий. Предмет из алюминия может простоять много лет на открытом воздухе и всегда будет выглядеть как новый.

Чем это объяснить? Почему железо подвергается разъедающему действию кислорода, а алюминий нет?

Электронный микроскоп дал ответ и на этот вопрос. Поверхность алюминия всегда покрыта тончайшей пленкой окиси, предохраняющей металл от дальнейшего окисления. При рассматривании пленки окиси алюминия в электронном микроскопе оказалось, что эта пленка сплошная, а не пористая. Поэтому она не пропускает кислорода в глубь металла и предохраняет алюминий от дальнейшего окисления.

Когда же посмотрели в электронный микроскоп на ржавчину, то увидели совсем другое. Ржавчина не дает сплошных пленок, и между отдельными ее кристалликами имеются очень большие просветы, поры и трещины.



Поверхность травленого алюминия. Увеличение — 17 500.

Через эти просветы и поступает кислород, окисляющий один слой железа за другим все глубже и глубже.

Узнав причины ржавления железа, советские ученые разработали более простые и надежные способы его защиты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В самых разнообразных областях науки и техники электронный микроскоп дал уже весьма ценную помощь. Электронная микроскопия завоевала себе прочное и почетное место среди новых методов исследования.

Электронный микроскоп — это последнее слово техники — необходим почти во всяком важном научном опыте.

Отходят на задний план грубые, несовершенные способы научных исследований, не дававшие точной картины явлений природы. Человек все глубже и глубже проникает в тайны, скрытые от его глаз. Электронный микроскоп является для него отличным и зорким помощником.

Советские ученые усиленно работают над дальнейшим усовершенствованием этого замечательного прибора и стараются его аппаратуру сделать еще проще, надежнее и точнее. Нам нужны как мощные электронные микроскопы, так и маленькие, удобные, портативные, но дающие достаточное для практических целей увеличение.

Советские специалисты разработали и такие электронные микроскопы. По размерам они не больше обычного, оптического микроскопа, но дают увеличение не в две тысячи, как тот, а в двадцать тысяч раз.

Это ли не величайшее достижение советской науки и техники! Такие аппараты очень просты, с ними легко может обращаться почти каждый человек.

Малообъемные электронные микроскопы будут не только в каждой научной лаборатории, но и на производстве, в сельском хозяйстве, в каждой районной поликлинике. Многие наши научно-исследовательские институты уже работают с первыми образцами советских электронных микроскопов.

В законе о пятилетием плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946–1950 годы сказано: «Организовать производство электронных микроскопов для внедрения их в научно-исследовательских институтах СССР».

Это уже делается. Сейчас организовано заводское производство советских электронных микроскопов.

В недалеком будущем электронный микроскоп станет одним из самых распространенных лабораторных приборов, таким же, как обычные, оптические увеличивающие приборы. Применение электронных микроскопов в различных областях нашего народного хозяйства и науки поможет лучше и полнее использовать богатства нашей родины для нужд

социалистического общества.

В *биологии* электронные микроскопы помогут ученым разобраться в строении нервной системы и мозговых тканей, изучить законы нервного возбуждения и понять сущность нервного тока. А отсюда уже недалеко до полного раскрытия великой тайны природы — человеческого мышления.

Электронный микроскоп поможет изучить строение белка, этого изумительного по своим свойствам продукта деятельности природы. Изучение белковых молекул, условий их образования, жизни и распада еще ближе придвинет ученых к решению одной из самых таинственных загадок природы — сущности жизни. Как зародилась жизнь на нашей Земле? Возможна ли жизнь на других планетах солнечной системы и какие формы она там принимает? Как искусственно создать органическое белковое вещество? Решить все эти вопросы поможет нашим исследователям электронный микроскоп.

В *микробиологии* электронный микроскоп позволит подробнее изучить микробов, вредных для человека, животных и растений, и найти подходящие средства их уничтожения. Не будут забыты и полезные грибки и бактерии, вызывающие брожение, улучшающие качество пищевых продуктов, способствующие плодородию почвы и т. д.

Человек, вооруженный знаниями, полученными им благодаря электронному микроскопу, поможет полезным бактериям расти и размножаться.

В *медицине* электронный микроскоп поможет исследователям найти подходящие средства борьбы с заразными и другими заболеваниями, стереть с лица земли болезни, от которых страдало раньше человечество.

С каждым новым исследованием ученые все ближе и ближе подходят к полному уничтожению заболеваний.

Ужасная болезнь рак будет побеждена советскими учеными, и в этой победе немалую роль сыграет электронный микроскоп. Электронный микроскоп позволит людям бороться со старостью и преждевременной смертью. Он поможет изучить процесс старения и изыскать средства продления жизни.

В *физике* электронный микроскоп сорвет покрывало со многих тайн строения вещества.

Советские ученые, вооруженные электронным микроскопом, еще дальше проникнут взором в глубины неведомого мира атомов и молекул.

Некоторые молекулы уже и сейчас можно увидеть в электронный микроскоп и измерить их величину.

В *химии* электронный микроскоп поможет исследователям

открыть новые химические вещества сложного строения, которые были неизвестны ранее. Химики найдут способы получения таких соединений, о которых раньше не могли и мечтать.

В *металлургии* электронный микроскоп позволит по-новому подойти к получению металлов и их сплавов высокого качества.

Подробное изучение законов образования и роста кристаллов различных металлов и сплавов даст возможность улучшить качество металлических изделий.

Будут найдены более рациональные способы обработки металлов и их сплавов для получения высокой прочности и долговечности. Сверхпрочные и одновременно сверхлегкие сплавы для авиации, реактивной техники и других важных отраслей промышленности мы получим благодаря применению электронных микроскопов.

В *сельском хозяйстве* электронный микроскоп поможет найти способы повышения урожайности и создания новых видов морозоустойчивых культур.

Изучение внутреннего строения зародышей зерен, плохо видимых в оптические микроскопы, законов роста и опыления растений и хлебных злаков — все это путь к дальнейшему увеличению урожайности.

Электронный микроскоп покажет исследователям строение почвы, на которой произрастают полезные растения, поможет найти способы улучшения обработки земли.

Электронный микроскоп окажет неоценимые услуги мичуринцам, создающим новые сорта хлебных злаков, овощей и фруктов.

Во всех других областях науки, техники, промышленности и сельского хозяйства электронный микроскоп найдет самое широкое применение.

Предметы видимого мира складываются из ничтожных по своим размерам частиц. Свойства этих предметов зависят от тончайшего строения частиц, их составляющих.

Электронный микроскоп дает огромные возможности для изучения микроскопического строения веществ и их свойств.

Наши ученые — физики, химики, биологи, почвоведы, инженеры и медики — получили дополнительное оружие в борьбе за познание природы, за еще более полное использование ее в интересах советского народа.

Вот почему изобретатель электронного микроскопа академик Лебедев удостоен высокой награды — звания лауреата Сталинской премии.

notes

Примечания

1

Некоторые системы современных советских оптических микроскопов со сложными линзами дают увеличение до 3600 раз, но большинство микроскопов, употребляемых в практических работах, имеют увеличение в 1500–2000 раз. Поэтому в дальнейшем мы будем говорить об обычных системах оптических микроскопов с максимальным увеличением в 2000 раз.

2

Световая волна, встретив на своем пути частицы, которые хотя бы вдвое меньше ее длины, образует вокруг них световые полосы и круги. Эти круги и полосы накладываются друг на друга, и в результате в оптический микроскоп вместо рассматриваемого предмета видно только расплывчатое пятнышко.

Цена 1 р. 80 к.